5.06(49.3) B1
c v

FOR THE PEOPLE
FOR EDVCATION
FOR SCIENCE

LIBRARY
OF
THE AMERICAN MUSEUM
OF
NATURAL HISTORY

Bound at
A.M.N.H.
1922

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

LIBRARY
OF THE
AMERICAN MUSEUM
OF NATURAL HISTORY

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

5.06(49.3) B

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
Const. de Fid. Cath., c. IV.

TROISIÈME SÉRIE

TOME XIX — 20 JANVIER 1911

(TRENTE-CINQUIÈME ANNÉE ; TOME LXIX DE LA COLLECTION)

LOUVAIN
SECRÉTARIAT DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE
(M. J. Thirion)
11, RUE DES RÉCOLLETS, 11

1911

22.885 20 June 27

QUELQUES PAGES

DE

L'HISTOIRE DU FER

AU XIXe SIÈCLE (1)

La fabrication annuelle mondiale du fer était de 825 000 tonnes en 1800 ; l'établissement des voies ferrées et le développement des constructions métalliques firent augmenter rapidement la consommation et partant la production, qui avait déjà quintuplé en 1860 ; mais elle est aujourd'hui cinquante fois plus considérable, puisqu'elle a dépassé 42 millions de tonnes. Ce chiffre comprend les fontes de moulage, le fer et l'acier ; le tonnage de la fonte brute est d'environ 60 millions.

Il y aurait de belles pages à écrire sur la prodigieuse évolution des moyens de fabrication du métal, de l'amélioration de sa qualité et de l'extension de son emploi. Ce serait l'histoire du fer au XIXe siècle en même temps que l'histoire de ce siècle. Elle emprunterait son plus captivant intérêt, me semble-t-il, au développement d'une large idée et à l'analyse d'un fait unique dans son espèce.

(1) Conférence faite à l'assemblée générale de la Société Scientifique, tenue à Charleroi, le 27 octobre 1910.

L'idée, c'est que les progrès successifs réalisés par les maîtres de forges dans leur art s'enchaînent étroitement dans leur suite avec le progrès de toutes les sciences et plus encore avec les besoins du temps, de telle sorte qu'on puisse dire que la métallurgie est l'œuvre du siècle et qu'en retour elle a contribué à le faire tel qu'il a été. Cette influence réciproque d'une époque et d'une industrie prêterait à des considérations d'une haute portée philosophique.

Le fait à relever est le suivant. La métallurgie absorbe d'énormes quantités de combustible pour le double motif qu'elle a besoin de beaucoup de calories pour ses réactions et ses changements d'état, et qu'il lui faut une puissance motrice considérable pour le travail de la matière ; elle est le plus grand consommateur de charbon de toute l'industrie. Or, elle a réussi à se procurer toute sa puissance motrice par la récupération du calorique qu'elle perdait autrefois, à tel point que cette puissance, pour grande qu'elle soit, est devenue gratuite. Voilà un résultat merveilleux dont il n'existe d'exemple dans aucune autre industrie.

Toutes ces choses présentent non moins d'actualité que d'intérêt ; il m'a semblé que je ne pourrais trouver de sujet plus digne d'être présenté à votre attention, dans ce pays, qui est le royaume du charbon et du fer.

Mais le sujet est vaste, et nous ne pourrons qu'en tracer les grandes lignes, en jalonnant quelques points sur la route du progrès.

Je demanderai d'abord la permission de remonter en arrière de cent cinquante ans.

Le XVIIIe siècle a légué en somme peu d'acquis à celui qui l'a suivi et qui devait être appelé le siècle du fer.

Les hauts fourneaux étaient d'abord tous alimentés au charbon de bois ; l'usage du combustible minéral a été inauguré vers 1735 par Abraham Darby, non sans

difficultés. Ce n'est qu'en 1782 que fut édifié au Creusot un fourneau au coke ; c'était le premier de France ; il produisait une tonne de fonte par 24 heures.

La majeure partie de la fonte était alors utilisée pour le moulage ; le reste était converti en fer, par oxydation du carbone, dans le bas foyer d'affinage, par un courant d'air, au contact d'un combustible solide, de minerai et de scories riches.

On améliorait ensuite la qualité du métal en le réchauffant, de manière à liquéfier ses impuretés de toute nature et à pouvoir les exprimer de la masse par une opération mécanique de cinglage et de corroyage.

Le puddlage, qui consiste à brasser la fonte au sein d'une flamme oxydante, dans un four à réverbère chauffé au combustible gazeux, et à souder entre eux les grains de fer produits, a été inventé vers 1784, mais le procédé n'a été mis au point que plus tard.

L'ébauchage et le finissage, ayant pour objet d'amener le métal à une forme et à un profil déterminés, se faisaient d'abord au marteau : le marteau-pilon, dont Watt détenait la patente, remonte à la fin du siècle. Le laminoir des monnayeurs n'a été appliqué au travail du fer qu'en 1800, en Lorraine.

En 1813, Aubertot est frappé du gaspillage de la chaleur dont il est témoin autour de lui et il émet l'idée féconde d'utiliser les chaleurs perdues : il fait donc circuler les gaz brûlés des fours à puddler et à réchauffer autour des parois de petits générateurs de vapeur et il installe même des chaudières sur la plate-forme des gueulards des hauts fourneaux : c'était l'enfance d'une pratique nouvelle ; il y avait évidemment mieux à faire et cela ne devait pas tarder. En attendant, Neilson prend un brevet, daté de 1828, relatif au chauffage du vent, et il réduit ainsi de plus de moitié la dépense de coke, tout en améliorant la qualité du produit. Faber du Faur, Thomas, Laurens et Pfort

se partagent l'honneur de la captation des gaz des hauts fourneaux, opérée vers 1840 ; ils ont imaginé le fonctionnement à gueulard clos, qui souleva des objections injustifiées de la part des ingénieurs anglais et qui eut beaucoup de mal à se faire accepter. Le célèbre *cup and cone* de Parry, qui a marqué une étape si décisive du progrès, est de l'année 1850 ; il permettait de concilier la fermeture du gueulard avec le chargement automatique en limitant à la capacité de la trémie le volume du gaz perdu à chaque chargement : l'appareil avait été si bien conçu et si parfaitement étudié, qu'on n'a guère trouvé de perfectionnements ultérieurs à lui apporter. Mais le chauffage du vent, par la combustion des gaz du fourneau, d'après le procédé inauguré par Faber du Faur, restait insuffisant : Whitwell et Cowper, s'inspirant des principes de régénération de Siemens et utilisant les appareils créés par lui, substituèrent aux anciens tuyaux de fonte, employés pour chauffer l'air, des chambres de terre refractaire à fonctionnement alternatif. Deux chambres sont accollées; l'une est chauffée par le gaz de haut fourneau qu'on y fait brûler, tandis que l'autre est traversée par le vent, qui y récupère le calorique développé par une combustion antécédente. On peut atteindre ainsi des températures voisines de 900 degrés centigrades, à condition toutefois que le gaz introduit dans le Cowper soit assez bien débarrassé de ses poussières, ainsi que M. de Langlade le fit constater en 1869 (1). L'emploi du Cowper est devenu général à partir de 1873 : l'Exposition de Vienne contribua à le faire connaître.

Un dernier progrès a été réalisé par M. Gayley, en 1904 : la condensation, par refroidissement, de la vapeur d'eau renfermée dans le vent soufflé a encore abaissé de 20 pour cent la consommation de coke par

(1) Lencauchez, *Étude sur les combustibles*. Paris, 1878.

tonne de fonte. Mais le procédé Gayley n'a été appliqué qu'en Amérique, son pays d'origine; ses effets ont été contestés, lorsque le vent a la température qui convient à l'allure du fourneau.

L'évolution des appareils générateurs de fonte paraît terminée et l'on ne peut plus guère espérer que des améliorations de rendement et des augmentations de production. Aujourd'hui les hauts fourneaux de 180 et de 200 tonnes, cubant 400 mètres de capacité, sont courants ; mais on en a construit en Amérique de 800 mètres cubes, débitant plus de 700 tonnes en 24 heures ; la dépense de coke, qui ne dépasse guère en moyenne 1000 à 1100 kilogr. de coke par tonne de fonte, est descendue quelquefois à 800 kilogr., et le prix de revient de cette tonne, frais généraux, intérêts du capital et amortissement compris, est tombé au voisinage de 60 francs. M. Ledebur rapporte même qu'un haut fourneau du Luxembourg, traitant de la minette comptée à 2 francs, et produisant de la fonte blanche phosphoreuse avec du coke à 18,70 fr., a abaissé le prix de revient de la tonne à 35 fr. en 1887 (1) ; le prix du coke entre pour moitié dans ce prix de revient, qui est donc tributaire surtout du prix de ce combustible.

Mais entretemps il s'était produit une véritable révolution dans la fabrication du fer, par la découverte de nouveaux procédés permettant d'obtenir directement de grandes quantités de fer et d'acier fondus ; on commençait toujours par produire de la fonte par le traitement du minerai, mais une seconde opération la transformait, sans même la laisser refroidir, en un métal moins carburé, plus homogène et plus pur.

Je veux parler des procédés d'affinage par le vent.

(1) *Manuel théorique et pratique de la métallurgie du fer*, par Ledebur. Traduction Barbary de Langlade, 2e édition française, tome II, page 121.

Bessemer avait créé en 1855 son convertisseur à parois siliceuses ; Thomas et Gilchrist trouvaient en 1878 le moyen d'éliminer le phosphore, en revêtant le convertisseur de dolomie calcinée et en chargeant de la chaux vive avec le métal (1).

Les procédés de déphosphoration ont permis d'obtenir par les minerais de Meurthe et Moselle un métal extra-doux possédant toutes les qualités d'allongement et de striction exigées : ils ont fait la fortune du Luxembourg et du bassin de Briey, qui produisent aujourd'hui de grandes quantités d'acier Thomas. La France en fabrique près de 2 millions de tonnes, mais l'Allemagne nous dépasse de beaucoup ; elle s'est annexé d'ailleurs en Alsace-Lorraine la plus belle partie de notre domaine sidérurgique et elle a pris une grande avance sur nous, après 1870, alors que nous pansions les plaies d'une guerre désastreuse.

Depuis quelques années, le centre de gravité de la production de l'acier tend de nouveau à se déplacer : les convertisseurs ont trouvé un concurrent dans les fours Martin. Ce sont des fours Siemens à sole généralement basique, quelquefois acide ou neutre, chauffés au gaz de gazogène, dans lesquels on fait fondre une certaine quantité de fonte avec toutes sortes de ferrailles (riblons, chutes, déchets et débris de toute provenance) dans un courant de gaz oxydant. Le produit est supérieur à celui du convertisseur ; la facilité qu'on a de corriger à volonté la qualité du métal au cours du travail permet d'améliorer sa qualité et de répondre d'une façon très sûre aux exigences du contrôle le plus sévère. Le procédé Martin prend un développement grandissant chaque jour ; il a permis aux maîtres de forges du Nord et de l'Est de la France d'entreprendre

(1) On trouve d'intéressants documents sur ces importantes questions dans les *Études sur les expositions de Paris de 1867 et 1878*, par Lacroix et dans la REVUE DE L'EXPOSITION DE 1889.

les produits spéciaux dont la Loire et le Centre avaient gardé jusqu'alors le monopole (1).

Le métal obtenu par ces diverses méthodes est appelé fort improprement *acier ;* Littré fait venir acier de *aciarium*, donc de *acies*, qui veut dire tranchant, et implique l'idée de trempe ; or, l'acier Thomas ou Martin est un fer doux et homogène, un fer fondu (les Allemands le nomment *flusseisen*) qui ne remplacera jamais l'acier au creuset, réservé à la fabrication des outils, mais dont on fait des ressorts, des canons, des essieux coudés, des tôles de chaudières, des réservoirs à gaz comprimés, etc., quand on veut diriger la fabrication vers ce but. En tous cas, on obtient un métal excellent pour rails, poutrelles, etc., qui possède de remarquables caractéristiques mécaniques de résistance à la rupture et d'allongement proportionnel, supérieures à celles du fer soudé ; et pourtant son prix est inférieur. Dès lors, le fer proprement dit, qui ne garde pour lui que certaines facilités de forgeage et de soudage, est de plus en plus concurrencé et l'on peut entrevoir le jour où le puddlage aura presqu'entièrement disparu. Déjà l'Allemagne et nos régions de l'Est produisent vingt fois plus de fondu que de soudé.

Les progrès des procédés de fabrication, que nous venons de décrire à grands traits, étaient bientôt suivis d'une autre transformation, dont les résultats économiques ont peut-être été plus intéressants encore : je veux parler de l'utilisation directe des gaz des hauts fourneaux pour la production de la puissance motrice.

Tout le monde savait et l'on se disait depuis longtemps que les hauts fourneaux constituaient les meilleurs des gazogènes ; on avait calculé qu'un haut

(1) M. Anglès d'Auriac estime à 732.000 tonnes la production française d'acier Martin en 1904, et à 1.012.000 tonnes celle de 1908 ; *État actuel de l'industrie métallurgique dans le Nord, en 1909.*

fourneau de 180 tonnes produit en 24 heures, avec une mise au mille de 1000 kilos de coke à la tonne de fonte, environ 800 000 mètres cubes d'un gaz, dont le pouvoir calorifique supérieur est compris habituellement entre 900 et 1000 calories (1). On utilisait ces gaz du mieux qu'on le pouvait, en se contentant de les épurer très sommairement, quand on songeait à le faire ; on les employait pour chauffer les appareils Cowper et pour engendrer la vapeur nécessaire aux nombreuses machines auxiliaires qui actionnent les soufflantes, les compresseurs d'air et d'eau, les pompes, les monte-charges, etc., mais on ne se faisait pas scrupule d'en laisser partir à l'air, parce qu'on n'avait réellement pas grand bénéfice à les capter ; en effet, les prix du coke étaient alors moins élevés qu'aujourd'hui et les calories coûtaient moins cher. D'autre part, on les utilisait mal ; j'ai fait autrefois des essais de chaudières à vapeur, chauffées au gaz de fourneaux, qui ont témoigné d'un très médiocre rendement. Les machines à vapeur, plus robustes qu'économiques, par destination, méritaient trop souvent d'être qualifiées de bourreaux de vapeur. Bref, dans les installations les mieux étudiées et le plus soigneusement entretenues, le cheval-heure effectif coûtait alors 8000 calories ; mais cette dépense montait souvent à 12 000, ainsi que M. Lürmann l'a reconnu.

Quelqu'un se dit un jour que les gaz de hauts fourneaux pourraient servir à alimenter de puissants moteurs à gaz tonnants, par lesquels on tirerait un meilleur parti des calories des gaz : ce quelqu'un fut ce jour-là un homme de génie, car il avait eu une admirable intuition d'un perfectionnement étonnant.

(1) On trouvera des détails précis sur cette question dans le tome I de la 4e édition de notre *Traité des moteurs à gaz* et dans le livre que nous venons de faire paraître sous le titre de *Dernière évolution du moteur à gaz* (Paris, L. Geisler, 1910).

Est-ce M. Lürmann, M. Thwaite, M. von Oechelhaeuser ou bien M. Greiner qui a émis l'idée ? Je ne le sais. Mais l'idée, lancée dans le public, tomba en bonne terre ; elle a rapidement germé, et l'arbre est bientôt devenu grand.

De petits moteurs d'essai furent branchés en dérivation sur les grandes canalisations de gaz des hauts fourneaux, à Frondigham et à Wishaw, en Angleterre, dès 1894, à Hoerde, en Westphalie, le 12 octobre 1895 et à Seraing, aux ateliers Cockerill, le 20 décembre de la même année ; ces dates montrent que les expériences ont été faites presque simultanément en divers pays. Les résultats furent partout très encourageants ; les moteurs de tout système paraissaient s'accommoder assez bien de la grande pauvreté de ces gaz, de leurs variations de pression et de richesse, voire même de leurs impuretés. Ce fut dès lors un vif enthousiasme parmi les tenants des moteurs à gaz, ce fut même de l'emballement : nous voulions tous nous persuader que les moteurs avalaient impunément les poussières et ne les gardaient pas. Et l'on aborda résolument les grandes puissances ; M. von Œchelhaeuser mettait en marche un moteur de 120 chevaux, à Hoerde, le 1er juin 1896, et j'essayais un moteur Delamare-Deboutteville de 200 chevaux, à Seraing, le 19 juillet 1898. Les résultats des essais furent excellents ; la pratique industrielle fut moins satisfaisante en général, et quelques installations donnèrent même de graves ennuis. Une épuration très complète des gaz s'imposa d'une façon impérieuse ; cette opération présenta de sérieuses difficultés, que la constance des ingénieurs, l'habileté des spécialistes et un heureux hasard ont enfin permis de surmonter dans des conditions inespérées. On arrive en effet aujourd'hui aisément à réduire à 1 ou 2 centigrammes le poids des poussières renfermées dans un mètre cube.

Il est vrai que, pour obtenir un tel résultat, on est amené à édifier de véritables usines d'épuration, qui sont coûteuses et encombrantes ; leur importance dépend évidemment de la teneur initiale du gaz en poussières, laquelle varie de 2 à 50 grammes par mètre cube ; mais il faut compter généralement sur des frais de bâtiments, de machines, de tours réfrigérantes, de tuyauteries, etc., s'élevant au moins à 15 000 ou 20 000 francs par 1000 mètres cubes de gaz travaillés à l'heure. De plus, il y a des appareils à actionner et l'on doit disposer d'une puissance d'au moins 10 chevaux effectifs pour le débit susdit ; mais nous allons voir que ce n'est qu'un prêté pour un rendu, et qu'il n'y a point à regretter une aussi minime dépense de travail (1). D'ailleurs il importe avant tout à une industrie de produire le plus économiquement, et il ne faut pas reculer devant les frais d'établissement qui assurent ce résultat.

Les moteurs à gaz que l'on installe au pied des hauts fourneaux sont quelquefois à deux temps, le plus souvent à quatre temps ; le simple effet est abandonné et le double effet prévaut partout. La puissance développée par un cylindre à double effet de 900 m/m d'alésage est de 600 chevaux effectifs ; en jumelant donc sur un même arbre de couche deux machines à deux cylindres en tandem, on obtient 2400 chevaux ; mais ce chiffre n'est pas une limite, car on a construit des moteurs de 3600 chevaux en Europe et les Américains ont été à 5400 chevaux. Ces moteurs ont acquis une sécurité de fonctionnement et une élasticité d'allure qui permet aux plus timorés de leur prêter confiance.

Or, on garantit pour un moteur de 2400 chevaux

(1) Voir sur ce sujet : Léon Greiner, *Production économique de la force motrice dans les usines métallurgiques* (Revue universelle des Mines, t. XVIII, 1907) ; Wolf, *Installations pour l'épuration des gaz* (Le Génie civil, 16 novembre 1907) ; Anglès d'Auriac, *La métallurgie du fer*, Lille, 1908.

des consommations de 2500 litres, par cheval-heure effectif, de gaz possédant un pouvoir supérieur de 950 calories ; ces garanties sont tenues réellement par les bons constructeurs, ainsi que j'ai pu le constater fréquemment par des essais effectués sur des machines du Creusot, de la Société Alsacienne, des établissements Cail, de la société de Nuremberg, de M. Letombe, etc. Je ne citerai que le dernier essai que j'ai fait ; on avait soumis à mon appréciation, au mois de mars dernier, une belle machine du Creusot de 2200 chevaux effectifs, installée aux aciéries de Longwy. Elle a consommé en moyenne 2362 litres de gaz à 959 calories [pouvoir *supérieur* déterminé à l'aide de ma bombe eudiométrique (1)] par cheval-heure effectif, ce qui correspond à 2266 calories, soit à un rendement thermique effectif de 28 °/₀ remarquable à tous égards. Retenons ce chiffre de 2362 litres de gaz et le rendement de 28 °/₀, et passons maintenant à l'examen du haut fourneau, considéré comme un générateur de gaz.

Un fourneau de 180 tonnes, avec une mise au mille de 1000 kilogrammes de coke, produit, avons-nous dit, environ 800 000 mètres cubes par jour, donc 33 300 à l'heure. Admettons qu'il s'en perde 5 °/₀ et que l'on en brûle 50 °/₀ dans les Cowper pour le chauffage du vent et sous les chaudières, alimentant certaines machines de réserve et de secours, dont on ne saurait encore se passer ; il reste donc à utiliser 45 °/₀, c'est-à-dire 15 000 mètres cubes. Pour tenir compte des irrégularités inévitables de marche du fourneau le plus habilement conduit, réduisons ce chiffre à 14 200 mètres cubes ; ce volume permettra de développer 6000 chevaux par utilisation directe dans le moteur à gaz. Mais

(1) Beaucoup d'ingénieurs, surtout allemands, considèrent le pouvoir *inférieur* (vapeur d'eau non condensée) et ils le mesurent au calorimètre Junkers, appareil excellent pour les gaz riches, mais qui n'assure pas toujours une combustion complète des gaz pauvres.

le travail du vent, le service mécanique du fourneau, l'épuration du gaz, l'alimentation en eau, l'éclairage, etc., absorbent 2000 chevaux. Le fourneau de 180 tonnes crée par conséquent une disponibilité de 4000 chevaux effectifs.

Ainsi donc, un maître de forges possède dans chacun de ses fourneaux, non pas seulement le générateur de fonte, sur lequel il comptait, mais un générateur d'énergie, dont on avait méconnu jusque-là la puissance. Un ingénieur anglais, entraîné par son enthousiasme à la vue de cet admirable résultat, a proposé de considérer le haut fourneau comme un gazogène, dont la fonction principale serait de produire un gaz combustible, en donnant par dessus le marché de la fonte ; la fonte devenait le sous-produit du fourneau. C'est une considération éminemment paradoxale, mais elle contribue à faire ressortir et bien apprécier les conséquences considérables de la récupération des chaleurs perdues et de l'utilisation directe des gaz, qu'on laissait échapper à l'air il y a moins de cent ans.

On ne saurait faire trop d'arithmétique sur ce sujet : chiffrons donc le bénéfice réalisé ainsi en francs et centimes. On gagne 4000 chevaux effectifs : estimons à 1 kilogramme par heure la consommation de charbon par cheval produit par une machine à vapeur. Sur 24 heures, on aurait à brûler 96 000 kilogrammes de houille, dont le prix peut être estimé pour le moins à 14 francs ; cela fait 1344 francs par jour, pour une production de 180 tonnes. Il reste 7,45 francs par tonne. C'est l'argument financier, qui touche plus spécialement l'actionnaire.

Un technicien raisonnera différemment ; les 4000 chevaux récupérés permettent d'actionner toute l'aciérie annexée au fourneau, en faisant mouvoir les compresseurs d'air des convertisseurs, les pompes élévatoires, les compresseurs d'eau pour appareils hydrauliques,

tous les appareils de manutention, les laminoirs blowming, finisseurs et autres, les scies, les cisailles, etc. Souvent même il y aura excédent de puissance.

Tel ne serait point le cas, si l'on faisait usage de machines à vapeur au lieu des moteurs à gaz envisagés ci-dessus ; en effet, une machine à vapeur à piston, ou bien une turbine, ne possède pas un rendement thermique effectif, chaudières comprises, de 28 pour cent, mais tout au plus de 14 pour cent (1) ; elle ne consomme pas 2266 calories par cheval-heure effectif, mais le gaz qu'il faut brûler dans le foyer des chaudières les mieux installées et les mieux conduites, pour alimenter de vapeur d'excellentes machines, correspond encore aujourd'hui à une dépense de 5000 calories. Chaudières, cheminées, canalisations et machines ne coûtent pas moins d'achat, de montage et d'installation que les moteurs à gaz ; il est vrai que le gaz envoyé aux chaudières peut sans inconvénient renfermer encore 1 gramme de poussières par mètre cube et que, par suite, il suffit d'une épuration plus sommaire et moins coûteuse ; mais la diminution de frais et de dépenses réalisée de ce chef ne compense de loin pas la différence de consommation que nous venons de signaler. D'ailleurs le transport de la vapeur des chaudières aux machines occasionne des pertes par condensation que ne connaît pas le transport du gaz et dont nous n'avons pas tenu compte. Bref : quand on recourt à l'intermédiaire de la vapeur au lieu de pratiquer l'utilisation directe des gaz, on dispose de moins de puissance ; j'estime à la moitié, soit à 2000 chevaux pour un fourneau de 180 tonnes, le manque à récupérer d'une installation à vapeur.

(1) J'ai établi ce chiffre dans un travail publié dans L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE, le 4 janvier 1902, sous le titre : *Rendement comparé des moteurs à gaz et des machines à vapeur*. Les derniers progrès réalisés par la construction des turbines n'ont pas modifié mes conclusions de 1902.

Quel est le maître de forges qui renoncera de propos délibéré aux avantages de l'emploi des moteurs à gaz ? Je m'étonne de ce que plusieurs directeurs de sociétés, et non des moindres, soient restés réfractaires au mouvement qui entraîne invinciblement leurs confrères plus audacieux et certainement mieux avisés. Les hommes éminents, qui ont refusé obstinément d'accorder leur confiance au moteur à gaz, ont voulu laisser le risque et la charge des essais onéreux que comporte toute nouveauté à des voisins plus entreprenants et sans doute moins prudents qu'eux; ce faisant, ils se sont évité toute surprise désagréable et pénible, mais il faut reconnaître que ce n'est pas eux qui se sont montrés les plus sages, car ils ont perdu, pendant dix ans et plus, l'économie indiscutable produite par l'emploi direct du gaz dans de bons moteurs; « qui ne risque rien, n'a rien », dit le proverbe, et le proverbe a toujours raison, nous en avons une nouvelle preuve.

Mais de quelle façon convient-il d'employer le moteur à gaz ?

Il peut en être fait des applications directes et indirectes : nous nous occuperons d'abord des premières.

Parmi celles-ci, il en est une qui a été particulièrement heureuse; je veux parler de la commande des soufflantes pour hauts fourneaux et pour aciéries.

La Société John Cockerill de Seraing avait créé, dès 1850, un modèle de soufflante à vapeur, à action directe, qui était un chef-d'œuvre de construction et dont il a été exécuté beaucoup d'exemplaires, pendant un demi-siècle; on en voit encore dans un grand nombre d'établissements métallurgiques. Cette machine était verticale ; le cylindre soufflant était supporté en l'air par un majestueux bâti et des colonnes en fonte; le cylindre à vapeur occupait la partie inférieure ; les tiges des

pistons étaient jonctionnées sur un joug horizontal, guidé par des glissières, et relié par une double bielle à la manivelle d'un arbre de couche inférieur portant deux volants. Le cylindre à air de ces belles machines mesurait souvent jusqu'à 3 mètres ; la vitesse du piston atteignait un maximum de 1^m20 par seconde. Avec un rendement volumétrique de 0,97, ces machines débitaient aisément 600 mètres cubes d'air à la minute sous une pression variable de 40 à 90 centimètres de mercure. La double expansion, suivant le système Woolf, assurait à ces appareils un rendement dont on se déclarait satisfait, sans doute à défaut de mieux.

Ces machines monumentales commençaient néanmoins à être supplantées par des soufflantes horizontales plus légères et présentant beaucoup moins d'inertie, pourvues de soupapes qui permettaient des vitesses plus grandes, au moment où le moteur à gaz cherchait à prendre sa place en métallurgie. Il trouva là un terrain tout préparé pour son succès et l'on n'eut qu'à substituer un cylindre à gaz au cylindre à vapeur pour réaliser un nouveau type de soufflante qui procure une économie remarquable. J'ai constaté par plusieurs expériences de réception, dont j'ai été chargé, que la consommation en calories par cheval-heure indiqué au soufflet est souvent inférieure à 2500 calories ; le rendement organique est égal à 0,80 et une machine de 1000 chevaux effectifs débite 750 mètres cubes à la minute sous 45 centimètres de pression. La consommation de gaz dans les foyers des générateurs alimentant une soufflante à vapeur équivalente serait presque trois fois plus grande (1).

Les moteurs à gaz s'adaptent non moins bien à la

(1) M. Gouvy estime à 939 mètres cubes la consommation de gaz d'une soufflante directe à gaz et à 2570 celle d'une soufflante à vapeur de même effet. *Note sur l'application des souffleries rotatives aux hauts fourneaux ;* MÉMOIRES DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS, avril 1910.

commande directe des soufflantes pour aciéries, dans lesquelles on comprime l'air sous une pression de 25 atmosphères : une machine de 2200 chevaux, composée de quatre cylindres à gaz et deux cylindres à vent, faisant 72 tours et refoulant 525 mètres cubes par minute, est construite en ce moment par la Société Cockerill ; la consommation par cheval-heure indiqué ne dépassera pas 2200 calories, le gaz étant, il est vrai, essayé au calorimètre Junkers et estimé en pouvoir inférieur à la mode allemande.

Les premiers succès que nous venons de relater semblaient permettre les plus belles espérances de généralisation de l'emploi des moteurs à gaz en métallurgie et l'on voulut leur faire commander directement des trains de laminoirs ; c'est la maison Klein de Dahlbruch qui prit l'initiative de cette création et l'on a pu voir, à l'Exposition de Dusseldorf de 1902, un moteur Kœrting, du modèle à deux temps, actionnant directement un train ébaucheur de 600 mm. et par câbles un train finisseur de 500 mm. ; on avait fait usage d'un accouplement à ressort du système Lindsay, pour atténuer les à-coups et constituer un appareil de sûreté (1). Les ateliers de Nuremberg avaient aussi installé à Essen, aux établissements Krupp, un moteur à quatre temps, muni d'un volant de 52 tonnes, dont la vitesse variait de 80 à 120 tours par minute ; il commandait un trio directement et un double duo par câbles. Ces machines ont d'abord paru donner pleine satisfaction ; on les mettait en route à vide, en employant un gaz riche, et on ne les embrayait qu'après avoir été amenées à la vitesse de régime. Les deux temps présentaient à cet égard quelques avantages. Toutefois, on dut reconnaître que le moteur à gaz

(1) Frœlich, *Das Walzwerk der M. A. G. vormals Gebrüder Klein in Dahlbruch ;* Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure, T. XLVII, 1903.

manquait de l'élasticité et de la souplesse requise pour un service de laminoir, et je ne crois pas que la construction allemande ait persévéré dans cette voie ingrate ; elle aurait eu tort de le faire.

Le succès a, au contraire, été complet dans l'organisation des stations centrales d'électricité ; les premiers groupes électrogènes que l'on installa n'étaient sans doute point parfaits, et la pratique nous a démontré qu'on les avait souvent calculés trop faibles ; d'autre part, ces machines surmenées donnèrent lieu à quelques accidents, ruptures de cylindres et de culasses, etc. Mais ces pénibles souvenirs se rapportent à un passé qui n'est plus. La plus grande sécurité de fonctionnement est acquise aujourd'hui ; j'en citerai pour preuve un moteur de 1100 chevaux Cockerill-Westgarth, installé à Newmains, dans les usines de la *Coltness Iron C°* qui fournit une marche de 15 043 heures de suite sans exiger aucune réparation d'aucune espèce. Quant au rendement thermique effectif, il est très supérieur à celui des groupes chaudières et machines à vapeur ; alors qu'une turbine toute moderne de 2000 kilowatts consomme de 7800 à 8000 calories par kilowatt au tableau, un bon moteur à gaz de même puissance n'en exige que 3500. En estimant les 1000 litres de gaz de hauts fourneaux à 0,3 centimes, épuration comprise ; en tenant compte de tous les frais accessoires d'entretien et de conduite ; en portant l'intérêt du capital engagé à 5 p. c. et en l'amortissant à 13 p. c. ; en tablant enfin sur un coefficient d'utilisation de 50 p. c. seulement, c'est-à-dire en supposant une marche à pleine charge de 4380 heures par an, on arrive à un prix du kilowatt-heure d'environ 2 centimes. Ce n'est pas une évaluation spéculative de notre part, mais un prix réel, qui ne pourrait être majoré que dans quelques cas bien rares par des frais de réparation extraordinaire. Au témoignage de M. Léon Greiner, la

Société Cockerill, qui dispose de plus de 7000 kilowatts par ses gaz de fourneaux, produit le kilowatt-heure à 1,83 centimes avec un coefficient d'utilisation de 50 p. c., et le kilowatt-an à 80,43 fr. avec un coefficient égal à l'unité; ces chiffres sont établis sur une comptabilité rigoureuse portant sur plusieurs années de service.

Les stations centrales alimentées directement de gaz de hauts fourneaux devaient se multiplier, et, de fait, une statistique dressée par la rédaction de la Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure évaluait, en 1908, à 519 018 chevaux effectifs la puissance totale des groupes électrogènes des établissements métallurgiques : cette puissance a certainement augmenté de 200 000 chevaux depuis lors, et l'on peut entrevoir le jour prochain où elle atteindra le million.

L'électricité devient ainsi le grand transmetteur de l'énergie disponible du fourneau : elle la distribue partout, par l'intermédiaire de fils qui rayonnent en tous sens, des centres des usines à leur périphérie, en embrassant leurs services extérieurs, et qui la portent même au dehors, quand il y a des excédents, ce qui n'est pas rare. Je pourrais citer de nombreux exemples; je les emprunterai seulement à la Lorraine et au Luxembourg, où ils sont plus fréquents. Fénétrange fait circuler l'énergie en tous les sens de sa vaste exploitation; Huckange dessert ses usines de Hettange; Rombas a électrifié sa ligne de Sainte-Marie-au-Chêne et elle vend du courant à la Thyssen-Grube, à Montois près de Saint-Privat; elle dessert aussi la ville de Metz pour lumière et énergie; Alsdorf fait le même commerce en appliquant un tarif de 7 à 9 centimes par kilowatt-heure, qui est favorable à l'acheteur et enrichit le vendeur. Les contrées de l'Est de la France, le Luxembourg, la Lorraine annexée et toutes les régions où l'on emploie la minette, laquelle exige plus de coke, mais tend à relever la qualité du gaz, se sont

engagées dans la voie de l'utilisation directe des gaz de fourneaux et de l'électrification des services ; l'Allemagne, la Belgique, l'Amérique du Nord ont marché résolument de l'avant, l'Angleterre s'est fait prier, mais la voilà qui entre aussi dans le mouvement et cherche à réparer le temps perdu (1).

Le mouvement est du reste irrésistible, parce qu'il est très rationel et appuyé par une pratique décisive : tout nouvel établissement métallurgique utilisera désormais l'énergie disponible de ses gaz de fourneaux, non plus à faire de la vapeur, mais à produire de l'électricité, dans de grandes centrales, d'où la puissance motrice sera répartie entre ses divers ateliers. On pourra hésiter entre la forme des courants électriques : les uns accorderont la préférence au continu, parce qu'il a une grande souplesse, qu'il donne aux moteurs un couple de démarrage très élevé, que l'excitation série, shunt ou compound se prête parfaitement à toutes les conditions à réaliser, qu'on obtient les vitesses que l'on veut, et qu'on peut même ajuster après coup ces vitesses au régime préférable par un réglage du champ, qu'on peut enfin opérer les couplages dans des conditions parfaites ; les moteurs asynchrones polyphasés, qui ne peuvent être construits que pour un nombre de vitesses déterminé par la fréquence adoptée, et qui possèdent une moindre capacité de surcharge, ne sont pas aussi élastiques que les moteurs à courant continu et donnent souvent des difficultés de mise en parallèle. Par contre, l'alternatif se produit à plus

(1) D'après la statistique déjà citée de la ZEITSCHRIFT, voici quelle était, en 1908, la répartition des puissants moteurs à gaz en sidérurgie :

Allemagne	420 428	chevaux	soit	46,5 %
Amérique	337 390	»	»	32,5 »
France	55 050	»	»	5,4 »
Belgique	46 714	»	»	4,6 »
Angleterre	24 986	»	»	2,4 »
Autres pays	88 841	»	»	8,6 »

haute tension et se prête donc mieux au transport à distance, et cet élément est à considérer quand les ateliers ne sont pas tous groupés étroitement autour de la centrale ; on fait aussi ressortir à son avantage qu'il n'y a pas de balais à entretenir, qu'on transforme aisément ce courant par l'emploi de transformateurs statiques à la tension convenable, avec un grand rendement, et qu'on le convertit en continu tout aussi bien. Pour ce qui est de la commande des laminoirs, le polyphasé se prête sans difficulté à la marche dans le même sens ; mais le courant continu est le seul possible pour les laminoirs réversibles.

En somme, le continu se prête le mieux à toutes les conditions d'emploi et il nous semble qu'il devrait être préféré généralement, sauf dans les cas où le transport d'énergie se fait à une certaine distance, lesquels sont rédhibitoires pour le continu.

Les métallurgistes sont pratiquement d'avis très partagé relativement au choix du courant et ils acceptent une solution ou l'autre, pour des arguments très divers. Les aciéries de Longwy, celles de Micheville, de Firminy, d'Imphy et les aciéries de France ont donné et ne cessent pas de donner la préférence au continu. M. Schneider du Creusot, les aciéries de la Marine, celles de Pompey, etc., restent fidèles au triphasé. D'autres adoptent à la fois le continu et l'alternatif et les emploient pour le mieux ; cette manière de faire est sans doute la plus rationnelle et la plus habile.

Le schéma de la page suivante figure et représente aux yeux l'organisation générale d'un établissement métallurgique moderne ; les volumes de gaz, inscrits à côté des attributions qui en sont faites, permettent de se rendre compte, dans une certaine mesure, de la répartition proportionnelle du produit gazeux d'un haut fourneau entre les divers services.

- Produits d'un haut fourneau partiellement épurés à 0g,50 (1 000 000 m³)
  - Appareils Cowper : (500 000 m³)
  - Fours divers : (25 000 m³)
  - Chaudières (50 000 m³)
    - Chauffages de locaux
    - Marteaux-pilons.
    - Soufflante à vapeur de réserve
    - Moteurs à vapeur de réserve et de secours
    - } mis en marche en cas de besoin
  - Épuration complexe à 8g,02 (625 000 m³)
    - Moteurs à gaz spécialisés (225 000 m³)
      - Soufflantes de fourneaux
      - Soufflantes d'aciéries.
      - Petits moteurs de réserve
    - Moteurs à gaz électrogènes ; Station centrale (400 000 m³) (courant continu et alternatif)
      - Éclairage
      - Épuration du gaz
      - Pompes
      - Compresseurs d'eau (service hydraulique)
        - Monte-charges
        - Balances
        - Retourneurs de lingots
        - Vis de serrage de cages
        - Grues
        - Cisailles
      - Compresseurs d'air
      - Service direct des fourneaux et convertisseurs
      - Laminoirs continus ou réversibles
        - Blowming
        - Dégrossisseurs et finisseurs
        - Duos et trios pour fers marchands, rails et poutrelles, cornières, fils, tôles, etc.
      - Moteurs divers
        - Rouleaux
        - Scies
        - Chargeurs divers, broyeurs
      - Traction électrique
        - Locomotives
        - Chariots transbordeurs
        - Ponts roulants
      - Fours électriques
      - Excédents non utilisés (?)

Nous mentionnons des laminoirs à marche continue et réversible et nous supposons une électrification complète de cet important compartiment : le problème est, en effet, sorti de la période d'étude et de tâtonnements et il est complètement résolu aujourd'hui. Des centaines d'installations de laminoirs électriques continus ont été faites et elles correspondent déjà à une puissance d'au moins 400 000 chevaux, bien que la première application industrielle sérieuse ne remonte qu'à l'année 1897 ; on fait chaque année une quarantaine d'installations nouvelles (1). Quant aux réversibles électriques, ils n'ont été créés qu'en juillet 1906, par la grande société allemande A. E. G. ; mais ils se sont rapidement imposés à l'attention des ingénieurs et il y a plus de 200 000 chevaux en construction ou en service. Le système Ilgner permet une uniformisation assez approchée de la puissance demandée à la Centrale ; le laminoir est mû par un moteur à courant continu, à excitation constante, qui reçoit son courant d'une génératrice spéciale à excitation indépendante, nommée dynamo de démarrage ; on agit sur l'excitation de celle-ci pour réaliser les variations de vitesse et l'inversion du sens de marche. La génératrice de démarrage peut être actionnée par de l'alternatif : elle porte le lourd volant de régulation. Les aciéries de Firminy ont un train réversible pour plaques de blindage, en marche depuis avril 1908, dans les meilleures conditions, livré par l'A. E. G., et cinq autres installations ont été entreprises en France par la Société alsacienne et la Compagnie Générale de Creil.

Le four électrique est d'introduction assez récente dans la métallurgie du fer (2), mais il tend lui aussi

(1) Nous empruntons notre documentation à une étude de M. Sauveau, parue dans la Revue électrique, les 15 et 30 août 1910.

(2) Voir Le Génie civil, 10 septembre 1910 ; L'Électricien, nos des 15 et 22 octobre 1910. La production de l'acier électrique croît avec une rapidité inattendue et il fait déjà une concurrence énorme à l'acier au creuset.

à révolutionner l'industrie dite des aciers anglais. Plusieurs grandes aciéries de Sheffield substituent en ce moment des fours Héroult (à résistance) à leurs anciens creusets ; les Américains les avaient devancés dans cette innovation, et l'on cite un four de la *Steel Corporation* produisant 250 tonnes par jour. On estime la dépense d'énergie à 125 kilowatts-heure par tonne : il faudra donc de puissantes Centrales pour fournir le courant nécessaire à ces opérations. Les résultats obtenus sont déjà remarquables : on affine dans d'excellentes conditions l'acier Bessemer acide et l'on fabrique de l'acier fin de la qualité que l'on veut. Ce procédé permet d'utiliser des fontes phosphoreuses et l'on n'est plus obligé de se procurer à grands frais les hématites suédoises et espagnoles; d'autre part, on peut introduire dans le four du vanadium, du tungstène, du nickel, etc., et fabriquer des ferro-alliages doués de propriétés précieuses. C'est ce qui se pratique depuis longtemps à Ugine, avec un grand succès, en utilisant la houille blanche, mais on le fera bientôt partout par les Centrales de hauts fourneaux.

Nous avons escompté un progrès, qui n'est peut-être pas encore acquis, en supposant que les gaz de hauts fourneaux étaient utilisés pour le chauffage des fours Martin. Ces fours sont généralement desservis par des gazogènes Siemens, Lencauchez, Morgan ou autres, qui fournissent du gaz à 1300 calories ; on les charge de houilles grasses à longue flamme, renfermant de 25 à 35 % de matières volatiles. On pourrait sans doute dès maintenant substituer les gaz relativement pauvres des fourneaux à ces gaz plus riches ; c'est tout simplement une question de fabrication des mélanges combustibles et de forme des fours. Si l'on trouvait le moyen de supprimer les gazogènes, on supprimerait du coup l'emploi du charbon cru dans les usines : c'est presque fait d'ailleurs. Ainsi, la Société de Differdange

qui brûlait autrefois 5300 tonnes de houille par mois, n'en consomme plus que 600.

Toute nouvelle usine sera organisée sur la base de notre schéma : celui-ci est d'ailleurs presqu'entièrement réalisé aux aciéries que l'*Indiana Steel Company* vient d'ériger à 40 kilomètres de Chicago, sur les bords du lac Michigan : elles comporteront plus tard seize hauts fourneaux de 450 tonnes, mais on n'en a construit d'abord que huit. La production de gaz s'élève à 636 000 mètres cubes par heure, dont une grande partie va aux moteurs à gaz : on a commandé 17 machines de 3000 chevaux chacune. Quinze d'entre elles actionnent des alternateurs de 2000 kilowatts, et les deux autres des dynamos à courant continu de même puissance. Quelques chaudières seulement sont prévues pour alimenter deux turbo-alternateurs de rechange et de secours. Le courant continu est employé à mouvoir les moteurs appliqués au service des hauts fourneaux et des fours Siemens ; il dessert les grues, les ponts roulants, les tables élévatrices des laminoirs, les transporteurs transversaux, les locomotives, etc. ; on l'utilise aussi à exciter des électro-aimants, affectés à la manutention des déchets de fer, pouvant enlever des pièces de plusieurs tonnes. Les scies, les presses dresseuses, les cisailles, et un grand nombre d'outils mûs par moteurs asynchrones sont dans les circuits polyphasés, ainsi que les laminoirs qui sont tous non réversibles. Ces derniers sont actionnés par trois moteurs électriques de 2000 chevaux et trois de 6000 : deux ont une vitesse de 214 tours et les quatre autres de 80 tours environ. Les deux premiers sont munis de volants de 45 tonnes formés de tôles d'acier rivées. D'ingénieux dispositifs introduisent automatiquement des résistances dans le circuit des rotors, dès que, par suite d'un couple résistant plus considérable, la vitesse diminue de trois pour cent. Le courant est fourni sous une tension de

6600 volts. On a annoncé que le fonctionnement des usines répondait entièrement aux espérances qu'on avait conçues : ce succès consacre l'organisation nouvelle des grands établissements métallurgiques.

MM. Le Gallais, Metz et Cie ont aussi créé à Dommeldange, dans le Grand Duché de Luxembourg, une aciérie qu'ils ont voulu doter de tous les derniers perfectionnements et que nous citerons encore comme modèle (1). Trois hauts fourneaux de 105 tonnes alimentent une centrale de moteurs à gaz, qui distribue autour d'elle toute l'énergie nécessitée pour les services de l'usine et dispose journellement encore d'un excédent de 2400 kilowatts-heures, qui sont vendus à la ville de Luxembourg, sise à 3 kilomètres, au prix de 7 centimes. Les soufflantes, au nombre de deux, sont aussi à gaz; elles ont été fournies par la Siegener-M.-A.-G., qui continue de donner la préférence aux moteurs Kœrting à deux temps. Les soufflantes verticales Cockerill, que l'usine possédait, serviront de réserve et de rechange : c'est du reste le rôle de tous les appareils à vapeur conservés dans ces aciéries.

Quel contraste avec les établissements d'autrefois ! En 1877, l'usine Krupp comptait encore 298 chaudières et 294 machines à vapeur d'une puissance de 2 à 1000 chevaux, faisant un total d'une vingtaine de mille chevaux ; aujourd'hui les générateurs de vapeur tendent à disparaître ainsi que les machines à vapeur, ou du moins leur nombre diminue de jour en jour ; les petites machines de quelques chevaux ne se font plus du tout, les moteurs électriques ont pris leur place. Dans les stations centrales, les moteurs à gaz ont triomphé sans conteste des machines à vapeur à piston et sont préférés presque toujours aux turbines. Ces puissantes centrales, placées au pied des hauts fourneaux, sont deve-

(1) La Revue électrique, 30 novembre 1910.

nues l'âme des immenses organismes dans lesquels le fer s'affine et se transforme, et elles distribuent autour d'elles et au dehors l'énergie et la vie.

Les progrès de la physique industrielle et de l'électricité ont opéré ce nouvel état de choses et ils ont mis entre les mains des ingénieurs une puissance formidable, comparable à celle de la houille blanche. En effet, les 60 millions de tonnes de fonte brute fabriquées par le monde permettraient de développer près de sept millions de chevaux effectifs ; on n'en recueille guère encore qu'un million et demi !

La différence ne tardera pas à être récupérée ; c'est un trésor d'énergie mis au service des siècles à venir ; son importance augmentera avec les besoins de la civilisation ; plus celle-ci se développera, plus on consommera de fer, plus on en fabriquera, plus on aura de chevaux disponibles, suivant une progression croissante, qui n'aurait pas de limite, si les réserves providentielles de charbon accumulées dans les entrailles de la Terre étaient inépuisables.

Malheureusement, elles s'épuiseront et nos arrière-neveux auront à aviser : ils seront jaloux des ressources dont nous aurons disposé ; enlevons-leur du moins le droit de nous reprocher de les avoir gaspillées.

Aimé Witz.

POUR FACILITER LA LECTURE
DES TRAVAUX RÉCENTS
DE
PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE (1)

II

ENZYMES ET CATALYSEURS (2)

Cet article, comme le précédent, ne s'adresse ni aux spécialistes ni aux lecteurs totalement étrangers à la biochimie. Il serait donc superflu de reprendre ici de très haut l'histoire de la théorie des ferments : nous

(1) Voir REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, octobre 1910, p. 519.

(2) Comme nous l'avons fait en tête du chapitre sur les colloïdes, nous grouperons ici, avant d'aborder l'étude du *mode d'action* des enzymes, quelques indications bibliographiques *relatives à ce sujet*. Elles se restreindront aux ouvrages de caractère *général* — les mémoires plus spéciaux devant être cités au bas des pages, au hasard de notre exposé — et même seulement aux travaux généraux *récents*. C'est ainsi que nous laissons de côté les traités classiques de Duclaux, de Green, etc...

Réparons d'abord une omission de notre précédent article : nous n'avions pu prendre connaissance en temps utile de l'excellent livre de Wolfg. Ostwald : *Grundriss der Kolloïdchemie* (Dresden, 1910); la lecture en devient très rémunératrice dès qu'on a surmonté la première impression, un peu pénible, imputable beaucoup plus à la difficulté du sujet qu'à la plume de l'auteur. C'est somme toute un livre clair, et le mérite de la systématisation qu'il présente est fort appréciable pour qui s'est vu contraint de la tenter lui-même sur les pièces originales isolées. L'analyse qu'on y trouve des réactions générales des colloïdes a, comme nous le verrons, une application directe dans l'étude de l'activité fermentaire.

A notre propos de ne signaler ici que quelques ouvrages récents, nous dérogerons en faveur des travaux de Bredig, à cause de leur particulière

nous bornerons à esquisser rapidement le cadre immédiat des « précisions » contemporaines. La distinction des *ferments figurés* ou *vivants* par opposition aux

importance au point de vue spécial de cet article. Voir surtout : Bredig, G. *Anorganische Fermente*, Leipzig 1901 ; ou bien : id., *Die Elemente der chemischen Kinetik, mit besonderer Berücksichtigung der Katalyse und der Fermentwirkung*. Ergebn. d. Physiol. I, 1902, pp. 134-210.

Le *Traité de Chimie physique* de V. Henri (Paris, 1906...) en est toujours à son premier fascicule. Le second fascicule, impatiemment attendu, devait traiter la plupart des questions effleurées dans cet article.

Oppenheimer C. vient d'achever la publication, en 3e édition, de son grand ouvrage : *Die Fermente und ihre Wirkungen* (*Allgem. Teil*, Leipzig 1910; *Spezieller Teil*, ibid., 1909; *Register*, 1910). La partie générale (1910) contient un long et très intéressant chapitre de Herzog O., intitulé : *Physikalische Chemie der Fermente und Fermentwirkungen* (pp. 136-282).

Bayliss, *The nature of enzyme action*, London 1908; vient d'être traduit en allemand par Schorr (Dresden 1910).

Euler H., *Allgemeine Chemie der Enzyme*, I, II, Ergebn. der Physiol., VI und IX, 1907-1910. Le second de ces mémoires contient un bon résumé — un peu dur — des principes de cinétique chimique nécessaires à l'intelligence de la catalyse. Rappelons aussi l'ouvrage d'Euler déjà cité dans notre premier article (p. 525) et relatif à la chimie végétale (1909).

Arrhenius S., *Immunochemie*, Leipzig 1907, ou Ergebn. der Physiol, VI, 1907 ; tout en ayant pour objet principal les phénomènes d'immunité, contient des éléments précieux sur la cinétique des ferments.

Hedin S. G. a publié de nombreux mémoires spéciaux sur l'action des enzymes. Ses idées générales trouvent surtout leur expression dans : *Zur Kinetik der Enzyme*. Zschr. f. physiol. Chem. Bd. 57, 1908, et : *Ueber die Hemmung der Enzymwirkung durch Adsorption*. Ergebn. der Physiol., IX, 1910.

Höber R., dans son ouvrage souvent cité : *Physikalische Chemie der Zelle und der Gewebe*. 2e Aufl. Leipzig 1906, a écrit un chapitre fort intéressant : *Die Fermente* (pp. 364-412).

Les thèses de Arthus (*La nature des enzymes*, Paris 1896) et de V. Henri (*Lois générales de l'action des diastases*, Paris 1903) demandent à être rajeunies par les travaux plus récents de ces auteurs eux-mêmes et d'autres chercheurs. Le point de vue de Arthus (ferment = propriété) ne rencontre guère actuellement de faveur en son sens radical.

Czapeck F., dans sa *Biochemie der Pflanzen* (2 vol. Iena, 1905) donne une analyse encore parfaitement utilisable de l'action des catalyseurs, ferments et anticorps. C'est un excellent résumé, un peu touffu par endroits.

Dans l'ordre de la bonne vulgarisation, citons, entre autres exposés, un chapitre de J. Duclaux : *La chimie de la matière vivante*, Paris 1910; et un article de Bayliss : *The fonctions of enzymes in vital processes*, Scientia (*Rivista di Scienza*) t. 8, 1910.

D'ailleurs, sur les ferments et leur mode d'action, presque tous les Traités de physiologie animale ou végétale présentent quelques pages — dont nous ne voudrions pas toujours garantir la parfaite mise au point.

ferments solubles ou *chimiques* ne doit point non plus nous retenir, puisque, après la découverte par E. Buchner d'une zymase active dans la levure de bière — type du « ferment figuré » — le caractère chimique de l'agent *immédiat* de la fermentation est désormais un fait acquis. La suite de cet article mettra en évidence le lien — peu apparent à première vue — qui rattache ce second chapitre au précédent et au suivant.

1. *Importance physiologique des enzymes*

La presque totalité des phénomènes chimiques qui se développent dans la matière vivante sont des actions fermentaires. A chaque étape de la phase nutritive ascendante, de l'*anabolisme*, se superposent et s'enchevêtrent des hydrolyses, des oxydations, des dislocations et des synthèses opérées sous l'influence d'enzymes caractéristiques; et quand l'édifice moléculaire, arrivé à son couronnement, s'est trouvé partiellement intégré dans la trame vivante, aussitôt ce sont des enzymes encore qui président à sa démolition, qui activent le *catabolisme*.

On connaît depuis longtemps certaines enzymes répandues dans les liquides organiques : sérum ou produits de sécrétion; la liste de ces *enzymes extracellulaires* ou *exoenzymes* s'allonge encore tous les jours. Leur importance est évidente, puisque seules elles rendent possibles des phénomènes aussi indispensables à la vie organique que le sont, par exemple, les actions digestives et maintes réactions du sérum.

Mais à côté de ces exoenzymes, déversées par les cellules dans les liquides qui les baignent extérieurement, on a décrit des *endoenzymes*, qui demeurent à l'intérieur des corps cellulaires et n'y sont sans doute point inactives. Elles s'y trouvent pour ainsi dire fixées

sur le protoplasme vivant : la mort du protoplasme, en désagrégeant progressivement celui-ci, les libère de leurs attaches et permet de les recueillir à l'état de solutions zymolysantes. Sans doute, comme le fait observer H. M. Vernon (1), il n'est pas strictement démontré que les propriétés zymolysantes des endoenzymes s'exerçaient déjà dans le protoplasme vivant et intact; mais cette activité est hautement vraisemblable, fût-ce pour cette raison générale que l'on conçoit mal une élaboration normale de produits dépourvus de toute valeur fonctionnelle.

A part leur fixation sur le protoplasme vivant, les endoenzymes ne se différencient pas d'ailleurs, par leur nature et leurs propriétés, des enzymes extracellulaires. Elles comprennent, par exemple, des ferments protéolytiques (2) dont l'action rappelle celle de la pepsine ou de la trypsine; des protéases capables d'hydrolyser les nucléoprotéines jusqu'au stade d'isolement de l'acide nucléinique; des érepsines (3); des nucléases (4), guanases, etc... poussant plus loin l'action des protéases; dans les tissus végétaux (5), des éreptases et une enzyme agissant sur les protéines de réserve des graines non germées; enfin, quantité d'autres ferments encore (6).

(1) Vernon H. M. (Oxford), *Intrazelluläre Enzyme*. Ergebn. der Physiol. IX, 1910, p. 138.

(2) Ceux, par exemple, qui provoquent l'autodigestion, en milieu aseptique, de menus fragments de foie ou de muscles. Cf. Salkowski, Zschr. f. med. Klin. Suppl. 17, 1890; Schwiening, Virchows Archiv, 136, 1894; etc.

(3) Vernon H. M., *op. cit.* et Journ. of Physiol., 33, 1905.

(4) Vernon H. M., *op. cit.*, pp. 163-164.

(5) Vines, Ann. of Bot..., 1906; Bialosuknia, Zschr. f. phys. Chem., Bd. 58, 1908.

(6) Nous inviterions volontiers ceux de nos lecteurs qui auraient sous la main la partie générale, tout récemment parue, du livre de Oppenheimer : *Die Fermente, usw.*, à parcourir, dans le chap. VI de cet ouvrage, le paragraphe VI : *Biologische Bedeutung der Fermente*, pp. 97-123. Et nous les prierions de remarquer, entre autres choses, l'origine et le rôle que l'auteur attribue aux ferments du sang.

La connaissance du mode d'action des enzymes ouvrirait donc une vue, partielle sans doute, mais assez profonde, sur le mécanisme de la vie. Nous allons nous efforcer de préciser ce mode d'action autant qu'il est aujourd'hui possible de le faire.

2. *Définition d'un catalyseur*

De plus en plus les ferments sont assimilés aux catalyseurs, et avec raison semble-t-il.

Quelle est donc la notion exacte d'un *catalyseur*?

On ne saurait la saisir sans faire appel aux lois fondamentales des équilibres chimiques, aux lois qui régissent « l'action des masses ».

C'est un fait reconnu déjà par Berthollet, et exprimé plus tard seulement en formule précise, que la réaction chimique opérée entre deux substances solubles, mises en présence à même température, ne dépend pas uniquement de leurs affinités mutuelles, mais aussi de leurs « masses actives » ou si l'on veut de leurs « concentrations » respectives dans le solvant qui les renferme.

Or, pour des conditions semblables de température, de pression et de milieu, la transformation d'une espèce moléculaire A, de concentration C_A, en une autre espèce chimique, donne lieu à la relation :

$$V \text{ (vitesse de la réaction)} = -\frac{dC_A}{dt} = k_1 C_A \text{ (1)},$$

où k_1 est une constante qu'on appelle « constante de vitesse » (Geschwindigkeitskonstante) ou « constante de réaction ».

(1) Cf. van t'Hoff, *Leçons de chimie physique*. Trad. franç., 1re partie. Paris 1898, p. 189.

La vitesse V varie donc avec la concentration. Pour le cas d'une concentration-unité, V prend la valeur de k, que l'on peut ainsi mesurer commodément.

Le cas très simple que nous venons de supposer est celui d'une réaction *monomoléculaire*, c'est-à-dire d'une réaction dans laquelle une seule espèce moléculaire se transforme. Il est réalisé strictement, par exemple, dans l'action d'une catalase (enzyme) sur le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) : celui-ci est dissocié en $H_2O + O$. Or, l'expérience montre que, conformément à la formule ci-dessus, k_1 demeure constant, dans cette réaction, et indépendant de la concentration du peroxyde ; il est seulement proportionnel à la concentration de la catalase (1). La plupart des actions fermentaires ne sont pas strictement monomoléculaires, mais peuvent être considérées pratiquement comme telles, car les variations de concentration d'une des deux espèces en présence, du solvant par exemple, sont généralement négligeables.

Tout ce qui vient d'être dit s'applique aux réactions qui ne se développent que dans un sens, en d'autres termes aux réactions irréversibles. Mais il est douteux qu'aucune réaction soit rigoureusement irréversible : toujours on peut supposer l'existence d'une contre-réaction, si minime et indécelable qu'elle soit. D'ailleurs, dans nombre de dissociations, cette contre-réaction, par resynthèse des produits, est absolument certaine. Comme la réaction, la contre-réaction a sa « constante de vitesse » : k_2. Le conflit des deux actions opposées se traduira dans l'état global du système par ce phénomène brut que « l'accumulation des produits de réaction diminue la vitesse de celle-ci » ; ce qui signifie, analytiquement, que le système, laissé à lui-

(1) Senter, Zschr. f. physik. Chem. Bd. 44, 1903 ; Euler, Ergebnisse d. Physiol. IX, 1910, pp. 311-312.

même, tend vers un état d'équilibre où toute réaction sera suspendue. En effet, la vitesse totale, à chaque instant, est exprimée par la différence des vitesses opposées et répond aux équations :

$$V \text{ (vitesse totale)} = v_1 - v_2 = k_1 C_A \ldots - k_2 C_B \ldots,$$

k_1 et k_2 étant les deux constantes de réaction, $C_A \ldots$ et $C_B \ldots$ les concentrations respectives des substances engagées en réaction directe et en réaction inverse. Or chacun voit que, la réaction se poursuivant, la concentration C_A va diminuer au profit de la concentration C_B, que par conséquent la vitesse v_1 va se modérer jusqu'à se laisser rejoindre par la vitesse croissante v^2. Or, pour $v_1 = v_2$, nous aurons $V = 0$, état d'équilibre, et $k_1 C_A \ldots = k_2 C_B \ldots$ Et nous pourrons donc écrire :

$$\frac{k_1}{k_2} = \frac{C_{B\ldots}}{C_{A\ldots}} = K \text{ (1)}.$$

On appelle K la « constante d'équilibre ». Elle est caractéristique de toute réaction réversible. Elle exprime, comme on vient de le voir, qu'il existe, entre des substances solubles en réaction, un rapport fixe de concentrations vers lequel tend le système pour s'y tenir en équilibre.

Rien de plus aisé, d'après cela, que de définir un catalyseur, au sens précis qu'Ostwald (2) a donné à ce mot : c'est *un corps qui modifie* — et généralement augmente — *la vitesse d'une réaction, sans entrer lui-même dans la composition des produits de réaction.* En d'autres termes : c'est *un corps dont la présence modifie les constantes de vitesse* (k_1, $k_2 \ldots$) *sans affecter la constante d'équilibre* (K).

(1) Cf. van t' Hoff, *Leçons de chimie physique*. etc., pp. 185-187, 202, sqq.
(2) Ostwald, W. *Über Katalyse*, Vers. Ges. Naturf. u. Aerzte, 1901.

Le catalyseur — si l'on ne considère dans une réaction que la forme et le résultat global — demeure donc en dehors de la réaction elle-même : il suppose, et ne crée pas, les affinités des éléments réagissants. Son influence, à strictement parler, n'est pas non plus comparable à celle d'un déclancheur, déterminant la rupture d'équilibre dans un système instable ; cette influence est permanente et non momentanée : supprimez le catalyseur et la réaction se ralentit. Le catalyseur semble plutôt suspendre l'effet constant d'une action retardante, inhérente aux conditions actuelles dans lesquelles une réaction est astreinte à s'effectuer : c'est, suivant la comparaison devenue classique, quelque chose comme le lubréfiant dont on enduirait un plan incliné pour faciliter le glissement d'un mobile.

Mais revenons à la définition plus stricte, pour en tirer une conséquence théorique fort importante.

L'action d'un catalyseur respecte la constante d'équilibre, K. Dans les réactions dites irréversibles, où — pratiquement — la constante de contre-réaction $k_2 = 0$, on aura donc $K = \infty$: l'équilibre est rejeté à l'infini, et la réaction ne s'arrête que faute de matériaux à transformer. Ce cas est réalisé chaque fois que les produits, à même leur formation, sont soustraits, par précipitation ou par dialyse, à toute réaction ultérieure.

Mais qu'arrive-t-il dans les réactions réversibles, dans lesquelles K prend une valeur numérique ? Par définition le catalyseur n'a point de prise sur cette valeur. Or, K, on se le rappelle, représente le quotient des *constantes de vitesse* : $\frac{k_1}{k_2}$, ou le quotient des *concentrations* dans l'état final du système : $\frac{C_{B..}}{C_{A.}}$. Le catalyseur ne peut donc atteindre, comme il le fait, la constante k_1 de la réaction directe sans atteindre *dans*

la même proportion la constante k_2 de la réaction inverse (1). Qu'est-ce à dire ? C'est que, théoriquement, l'action d'un même catalyseur est aussi bien synthétisante que dissociante. On entrevoit tout le poids de cette conséquence dans la question des *enzymes de synthèse*. Nous y reviendrons.

Peut-être le lecteur est-il tenté de se demander ici sur quel terrain nous nous mouvons, sur celui de la pure déduction abstraite ou bien sur celui de la généralisation expérimentale. De vrai, nous chevauchons à la fois sur les deux terrains, car les définitions théoriques trouvent leur application à des cas concrets.

De l'iode et de l'hydrogène, mis en présence entre 300 et 400 degrés de température, s'unissent pour former de l'acide iodhydrique (HI); mais la réaction n'est jamais complète, car une réaction inverse se développe, dissociant à nouveau H et I, jusqu'à l'établissement dans le système d'un état d'équilibre. La réaction peut être accélérée par l'emploi d'un catalyseur, ici la mousse de platine. Or, avec ou sans catalyseur, la proportion de HI dissocié, au stade d'équilibre final, est d'environ 19 % pour une température de 350° (2). K demeure donc invariant dans la catalyse.

Il serait facile d'apporter d'autres exemples, telle la condensation de deux molécules d'acétone ($2\,CH_3 . CO . CH_3$) en alcool diacétonique [$CH_3 . CO . CH_2 . C(CH_3)_2 OH$], contrebalancée par la réaction inverse de dissociation, c'est-à-dire par la restitution de l'acétone aux dépens de l'alcool (3). L'addition de certaines sub-

(1) van t'Hoff. *Leçons de chimie physique*, etc., pp. 215-216.

(2) Lemoine trouva la proportion de 18.6 % en l'absence de mousse de platine, Hautefeuille, 19 % en présence de mousse de platine. (C. R. Acad. Sc., 1872, p. 980).

(3) Koelichen. Zschr. f. physik. Chem, Bd. 33, 1900; Höber R. *Physikalische Chemie*, usw. pp. 370-371.

stances peut accélérer catalytiquement cette réaction : mais l'équilibre final demeure identique.

La définition donnée plus haut du catalyseur n'a donc rien d'arbitraire.

Mais les ferments organiques, les enzymes, sont-ils vraiment des catalyseurs ? Jusqu'à quel point se vérifie cette identité si universellement postulée par les biochimistes contemporains ?

3. *Ferments et catalyseurs inorganiques*

Comme van t'Hoff le fit remarquer une fois de plus dans un travail récent (1), les notions abstraites de « ferment » et de « catalyseur » sont certainement très voisines, voisines au point de se confondre. Par malheur le contrôle expérimental de cette identité se trouve être fort malaisé. Car les réactions qui s'exercent en présence de ferments organiques, à part quelques exceptions encore à l'étude, deviennent, en l'absence de ceux-ci, si excessivement lentes, que leur équilibre naturel se dérobe à toute détermination précise.

Essayons cependant, avec R. Höber (2) et d'autres auteurs, de dégager quelques points de comparaison, plus suggestifs, entre ferments et catalyseurs.

D'abord un exemple très simple, presque classique (3). Le sucre de canne (saccharose) est dédoublé en glucose et en lévulose sous l'action d'un ferment organique : l'invertine; ce dédoublement s'effectue

(1) van t'Hoff J. H. *Über synthetische Fermentwirkung.* SITZUNGSBER. PREUSS. AKAD. WISS. Phys. Math. Klasse. Bd. 42, 1910.

(2) Nous nous inspirerons, très librement d'ailleurs, dans ce chapitre, de l'exposé que R. Höber fait du même sujet, *op. cit.*, 12es Kapitel. Reconnaissons également, d'un mot, notre dette à Bredig et à Euler (ERGEBN. DER PHYSIOL. *ll. cc.* et *passim.*), puis à Oppenheimer et Herzog (*op.* et *ll. cc.*).

(3) Voir aussi : Henri, V., ZSCHR. F. PHYSIK. CHEM. Bd. 39. 1902.

aisément aussi en présence d'acides, qui jouent le rôle de catalyseurs par leur cation H. Mais la simple élévation de température suffit de son côté à produire l'inversion du saccharose en solution; seulement cette réaction spontanée est alors extrêment lente; elle s'effectue encore, mais avec une lenteur désespérante, aux températures ordinaires. Le cas, on le voit, est absolument typique : une réaction chimique, qui s'amorce faiblement d'elle-même mais s'accélère notablement sous l'influence d'un catalyseur. Or, on chercherait en vain une différence foncière entre l'action du catalyseur inorganique, l'ion H^+, et celle du ferment organique, l'invertine.

Mais voici que se dresse devant nous une grosse objection, qui menace de nous barrer la route dès les premiers pas.

Les ferments altèrent la constante d'équilibre là où les catalyseurs inorganiques la respectent !

Un glycoside, de l'amygdaline par exemple, mis en solution aqueuse, se scinde en divers produits sous l'influence des acides (catalyseurs) ou bien seulement de températures élevées. Cette réaction est pratiquement irréversible et court jusqu'à utilisation complète de l'amygdaline dissoute : $K = \infty$. La même réaction peut aussi s'effectuer sous l'action d'un ferment organique, l'émulsine : or, dans ce cas, la dissociation du glucoside s'arrête en chemin. Il s'établit dans la solution, où coexistent de l'amygdaline non dédoublée et des produits de dissociation, un rapport apparemment stable de concentrations, donc, semble-t-il, un équilibre dont la constante K prend une valeur numérique. Le ferment (émulsine), à l'inverse de l'ion H^+ des acides, ne répond donc pas ici aux caractéristiques théoriques des catalyseurs. Comment apprécier cette différence ?

Remarquons d'abord que l'équilibre de la solution partiellement dédoublée d'amygdaline n'est pas assi-

milable à l'équilibre d'une réaction réversible. Tamann (1) a parfaitement montré que les produits de dissociation sont ni plus ni moins incapables de se resynthétiser en présence d'amygdaline qu'en présence d'acides. La réaction est, *en tous cas*, irréversible.

Mais il y a plus. Un arrêt prématuré de la réaction n'est point l'apanage exclusif de ferments organiques : de très authentiques catalyseurs inorganiques sont exposés aussi à cet accident. Ainsi la catalyse du peroxyde d'hydrogène par l'argent colloïdal s'arrête souvent avant terme (2). Nous nous trouvons donc en face, non pas d'une différence fondamentale entre ferments et catalyseurs, mais de cas exceptionnels, dus à l'intervention de facteurs accidentels qu'il faudra déterminer.

On possède d'ailleurs le mot de l'énigme. L'équilibre apparent que l'on constate dans ces cas spéciaux est un « faux équilibre ». Il est dû à l'action inhibante ou même destructive exercée par les produits de la réaction sur le ferment lui-même, ou bien sur le catalyseur inorganique. L'influence catalysante étant ainsi amoindrie ou supprimée, la réaction totale se ralentit jusqu'à ne se poursuivre plus qu'imperceptiblement. Le système n'est point en équilibre, mais se trouve engagé dans un cycle de transformations excessivement lentes, dont la constante d'équilibre tend pratiquement vers l'infini (3).

Soit : admettons que l'action des ferments, chaque fois qu'elle est libre d'entraves accidentelles, respecte la constante d'équilibre. Elle possède donc, semble-t-il, les caractéristiques essentielles de la catalyse. Mais

(1) Tamann, Zschr. f. physik. Chemie, Bd. 3, 1889; Bd. 18, 1895.

(2) Bredig, *Anorganische Fermente*. Leipzig, 1901, p. 57.

(3) Pour l'application au cas de l'émulsine, voir Tamann, *articles cités*. Nous retrouverons plus loin cette idée d'une inhibition de l'enzyme, par fixation anormale de celle-ci sur le substrat ou sur les produits de réaction. Höber (*op. cit.*, pp. 372 sqq.) et Euler, H. (*Allgemeine Chemie der Enzyme*. II. Ergebn. der Physiol. IX, 1910, p. 261) expliquent par là les « faux équilibres ».

alors, la conséquence inévitable, c'est que cette action est, de soi, synthétisante aussi bien que dissociatrice : la question des ferments synthétisants est résolue en principe.

Telle était, dès 1898, l'opinion de van t' Hoff (1). Les recherches ultérieures l'ont expérimentalement confirmée, puisqu'on put obtenir des synthèses d'hydrates de carbone, de glucosides, de graisses, et peut-être même de matières albuminoïdes (« plastéine » de Danilewski, p. ex.), sous l'influence respective de maltases ou de lactases, de lipases, de lab-ferment, de pepsine ou de trypsine. Le processus de ces resynthèses, qui ne rendent d'ailleurs pas exactement le produit de départ, s'enveloppe encore d'obscurités. Quant au principe même de la synthèse enzymateuse, s'il est bien près de s'imposer aujourd'hui, il se heurtait, il faut l'avouer, à de très graves préjugés. Signalons les deux principaux :

D'abord un préjugé éclos de l'ensemble des observations de phénomènes fermentaires. Il semblait bien que ceux-ci, chaque fois qu'on les pouvait bien observer, consistaient en un clivage de molécules complexes : telle paraissait être, par exemple, l'action exclusive des ferments digestifs. La resynthèse des produits dissociés était mise au compte des cellules vivantes elles-mêmes, dans le corps desquelles elle s'effectuait. Cette observation négative, malgré son influence sur la conception qu'on se faisait de l'action fermentaire, n'a, comme on le voit, rien de décisif ; elle devint moins significative encore par la découverte de « ferments intracellulaires », analogues en tout aux exoenzymes déjà connus. La question, de ce côté, restait donc ouverte.

Mais à la réversibilité des réactions fermentaires,

(1) Van t' Hoff, ZSCHR. F. ANORG. CHEM. Bd. 18, 1898.

la thermochimie semblait, elle, opposer la question préalable de la possibilité même de pareilles réactions.

On connaît le « principe du travail maximum » de Berthelot : « Tout changement chimique accompli sans l'intervention d'une énergie étrangère tend vers la production du corps ou du système de corps qui dégage le plus de chaleur » (1). J. Thomsen avait précédemment (1854) énoncé ce principe sous la forme suivante : « Pour qu'une réaction chimique puisse se produire à une température maintenue invariable, il faut que cette réaction soit accompagnée d'un dégagement de chaleur » (2).

Or les synthèses que nous prétendons attribuer à l'action des ferments sont des réactions endothermiques, qui ne peuvent donc s'effectuer que moyennant l'apport d'une énergie étrangère, jamais spontanément.

D'autre part, si l'action fermentaire est une catalyse, l'enzyme y accélère simplement une réaction, qui, de soi, peut s'effectuer par elle-même. Car l'enzyme n'apporte pas avec elle l'énergie étrangère, nécessaire à la réaction : sa masse relative est trop faible pour entrer en ligne de compte. La synthèse ne saurait donc être une réaction enzymateuse répondant aux caractères de la catalyse.

Que répondre à cette objection de principe ? Elle s'écroule s'il est vrai que des réactions endothermiques spontanées soient possibles, en d'autres termes, si le « principe du travail maximum » n'a qu'une valeur relative. Et c'est bien le cas, selon toute apparence. M. Duhem restreint comme suit la portée du principe de J. Thomsen. Après avoir fait observer que le principe ne peut en tout cas, de l'avis de Thomsen lui-même, s'appliquer aux changements d'état physique

(1) Berthelot M. *Essai de mécanique chimique fondée sur la thermochimie*. Tome II, Mécanique. Paris 1879, p. 421.

(2) D'après Duhem P. *Thermodynamique et chimie*. Paris 1902, p. 109.

(vaporisation, fusion, dissolution de sel), il poursuit : « Le principe du travail maximum ne peut pas davantage être regardé comme un principe applicable à toutes les réactions chimiques; à une température maintenue invariable, le carbonate de calcium se dissocie, l'hydrogène réduit l'oxyde magnétique de fer bien que ces réactions absorbent de la chaleur; on pourrait citer un nombre immense d'exceptions au principe du travail maximum, toutes choisies parmi les réactions de faible vivacité » (1). M. Duhem donne cet énoncé restrictif du principe : « Tout changement d'état isothermique, d'une extrême vivacité, est accompagné d'un dégagement de chaleur. » Or, on sait si la caractéristique des réactions enzymateuses est la grande vivacité !

D'ailleurs, l'étude des équilibres chimiques ouvre une vue sur le mécanisme du phénomène en litige. La constante d'équilibre K varie, en proportion inverse, avec la température absolue T à laquelle s'effectue la réaction, et en proportion directe avec la quantité de chaleur, positive ou négative, q, développée dans la réaction. Or, comme on peut le voir dans la relation générale formulée par van t'Hoff (2), pour $q = 0$, K devient indépendante de la température : cette indépendance est à peu près réalisée dans quelques transformations. Si q est positif, c'est-à-dire si la réaction directe

(1) Duhem P. *Op.* et *loc. cit.*

(2) $\log K = \frac{q}{RT} + C$. Dans cette expression, log K représente le logarithme népérien de la constante d'équilibre, q la quantité de chaleur dégagée ou absorbée dans la réaction directe, R la constante des gaz, et C une constante d'intégration. Le raisonnement développé dans le texte pourrait se répéter sur une autre formule, plus simple, de van t'Hoff : $\frac{dk}{dT} = \frac{q}{2T^2}$, en remarquant que k y représente la « constante de vitesse », et que cette constante entre dans des expressions de signe opposé selon qu'il s'agit de la réaction directe ou de la réaction inverse. Cf. van t'Hoff, *Leçons de chimie physique, etc.* 1re partie, pp. 160 et suiv.

est exothermique, l'accroissement de la température T fera décroître K, et conséquemment, d'après l'équation déjà rencontrée : $K = \frac{C_B}{C_A}$, déplacera l'équilibre au bénéfice de la concentration C_A, c'est à dire de la concentration en produits de réaction inverse, endothermique. Si q est négatif et que la réaction directe est donc endothermique, K sera augmenté à proportion des accroissements de T, et l'on aura donc une plus forte concentration C_B, concentration des produits de réaction directe, endothermique par hypothèse. Toute élévation de la température d'une réaction réversible y favorise donc la combinaison endothermique. C'est le principe du « déplacement de l'équilibre » en fonction de la température, de van t'Hoff (1).

Or, dans l'échelle des températures, celles qui correspondent à la phase active des ferments sont encore relativement basses puisqu'elles dépassent rarement 70° centigrades, soit 343° absolus. Il en est de même des températures moyennes de laboratoire, 16° à 18° centigrades. Dans cette région des températures basses, les réactions exothermiques — seules concevables au zéro absolu (2) — gardent un avantage écrasant, et l'on conçoit que la combinaison inverse, endothermique, demeure généralement peu appréciable.

Ainsi s'expliquent du même coup la rareté apparente dans l'ordre purement chimique, des combinaisons endothermiques dites spontanées, et la possibilité des resynthèses par catalyse ou fermentation. Les mêmes considérations permettent aussi de prévoir les conditions les plus favorables à ces synthèses « catalysées ». Pour une même synthèse, la facilité et l'ampleur croîtront avec la température : dans les limites étroites

(1) van t'Hoff. *Études de dynamique chimique*. Amsterdam, 1884 ; *Leçons de chimie physique, etc.*, 1re partie, p. 161.

(2) « Au zéro absolu, les combinaisons formées avec dégagement de chaleur ont totalement déplacé les autres. » van t'Hoff, *op. cit.*, p. 163.

des températures « physiologiques », il arrive parfois qu'une combinaison endothermique devienne sensible moyennant une élévation de quelques degrés. Si l'on pouvait hausser indéfiniment la température de réaction sans détruire les catalyseurs organiques, rien n'empêcherait, semble-t-il, d'obtenir sous leur influence des synthèses quelconques. Mais endéans même la très modeste gamme des températures accessibles, on peut encore prévoir le plus ou moins de facilité de telle ou telle réaction inverse, synthétique et endothermique : il suffit pour cela de comparer les quantités de chaleur q dégagées dans la réaction directe dissociatrice. En vertu des formules déjà citées, on conclura d'une faible valeur relative de q à une valeur moindre de la constante d'équilibre correspondante, et par conséquent aussi à une importance plus grande de la contre-réaction endothermique. A qui considérera le tableau suivant, il apparaîtra *a priori*, par exemple, qu'aux températures ordinaires les hydrolyses (I) ont plus de chance d'être réversibles que les oxydations ou d'autres réactions (II) :

I. Hydrolyses : (1)	
Maltose → dextrose + dextrose	$q =$ 3,3
Saccharose → dextrose + lévulose	$q =$ 3,1
Butyrate d'éthyle → alcool éthylique + ac. butyrique	$q =$ 1,2
Salicine → alcool salicylique + dextrose	$q =$ 3,9
Acide hippurique → glycocolle + acide benzoïque	$q =$ 5,1
Dipeptide → deux acides aminés	$q =$ 4,5
II. Oxydations, etc. :	
Dextrose → acide lactique	$q =$ 14,7
Alcool éthylique → acide acétique	$q =$ 116,3
Aldéhyde salicylique → acide salicylique	$q =$ 72,6

(1) Emprunté à Höber, *op. cit.*, p. 380.

Et l'expérience, ici, confirme la théorie.

Voilà donc de nouveau le champ libre. Aucune *objection de principe* ne subsiste, qui nous interdise d'expliquer par une identité d'action les ressemblances frappantes des ferments organiques et des catalyseurs inorganiques (1).

4. *Les enzymes comme catalyseurs colloïdaux*

Après cette esquisse schématique — qui peut paraître assez claire — des similitudes étroites de l'enzyme et du catalyseur, il nous va falloir maintenant, pour rester objectifs, redescendre dans la zone incertaine et souvent enténébrée des réalités complexes.

En effet, la cinétique *réelle*, non seulement des enzymes mais des catalyseurs inorganiques eux-mêmes, ne s'emboîte que malaisément dans les cadres abstraits de la dynamique chimique. Veut-on entrevoir la raison foncière de ces menues inadéquations ? Qu'on songe à la difficulté que présente le concept le plus fondamental sur lequel nous nous soyons appuyés, celui de la « modification réversible » : la modification strictement réversible n'est définissable que comme une limite, elle n'est point réalisable (2). De même, le catalyseur, défini par son action exclusivement accélératrice sur l'allure d'une réaction, ne serait-il pas, bien que son concept strict n'implique aucune contradiction évidente, une manière de catalyseur-limite, un

(1) Plusieurs biochimistes attribuèrent aux « antiferments » ou à des ferments spéciaux, strictement synthétiques, les actions synthétisantes que la théorie des enzymes-catalyseurs laisse, en principe, au compte de l'agent même de la réaction directe. Nous reviendrons plus loin sur ce sujet, à propos des antiferments.

(2) Voir Duhem, P. *Thermodynamique et chimie*. Paris 1902, pp. 76-82.

type purement idéal (1) ? Les faits n'interdisent pas de le supposer.

Examinons, sous la forme raccourcie et moins rigoureuse qu'impose un article de vulgarisation, quelques caractères plus saillants et plus suggestifs de l'action catalytique, en *milieu homogène* d'abord, puis en *milieu hétérogène*. A cette action catalytique nous comparerons ensuite, une fois de plus mais sous un angle nouveau, l'action des ferments organiques.

1° *La catalyse en milieu homogène.* — L'exemple classique d'une catalyse inorganique en *milieu homogène* sera, soit l'inversion du saccharose, soit la dissociation de l'éther, sous l'influence du cation H^+ des acides dilués. La loi de l'action des masses et les conditions strictes de la catalyse y sont admirablement respectées. Or, dans ces réactions simples et typiques, il est possible déjà de faire une constatation de nature à jeter quelque jour sur le mode d'action du catalyseur. La vitesse de réaction croît proportionnellement à la concentration de celui-ci. Des formules qui expriment cette relation entre la masse active du catalyseur et la quantité des produits formés, on crut pouvoir déduire avec haute vraisemblance la participation réelle du catalyseur à la réaction. Il a pour fonction, disait-on, de former des combinaisons chimiques intermédiaires, qui se dissocient d'ailleurs bientôt et le remettent en liberté. Il servirait en quelque sorte de véhicule à des radicaux qui, sans lui, n'arriveraient que malaisément à rejoindre leur associé naturel. Telle est la plus

(1) van t' Hoff fait plus d'une fois observer, dans ses *Leçons de chimie physique*, que si la « force impulsive » des réactions chimiques est une et constante, les « influences retardatrices » sont multiples et diverses. Dès lors on pressent que le catalyseur, dont la fonction est, semble-t-il, de neutraliser des résistances, pourra présenter des modes d'action aussi variés que celles-ci. Et l'on peut se demander si la définition de la catalyse, en mécanique chimique, traduit bien une unité concrète, organique, correspondant à un aspect sui generis de la causalité réelle.

ancienne théorie de la catalyse, celle qu'illustrait la double équation classique de l'éthérification de l'alcool éthylique :

$$C_2H_5OH + H_2SO_4 = C_2H_5 . HSO_4 + HOH$$
$$C_2H_5 . HSO_4 + C_2H_5OH = C_2H_5 . O . C_2H_5 + H_2SO_4.$$

On voit sans peine le rôle de navette qu'y joue le catalyseur $H.HSO_4$.

De cette conception du catalyseur, si fortement critiquée par Ostwald (1), retenons seulement qu'elle attribue, somme toute, une véritable fonction chimique à l'agent catalysant. La proportion entre la concentration de celui-ci et la vitesse de la réaction s'expliquerait ainsi sans peine, et d'autres particularités encore. Malheureusement, l'hypothèse est simpliste et presque invérifiable, car selon l'observation de Ostwald, ou bien les produits intermédiaires demeureront indécelables, ou du moins ils pourront être considérés comme de simples produits accessoires; et puis, pour donner une base à l'hypothèse, il faudrait démontrer, dans chaque cas, que les réactions intermédiaires supposées sont en elles-mêmes beaucoup plus rapides que la réaction totale directe qu'elles sont censées suppléer.

Pourtant, malgré la difficulté d'une pareille démonstration, il semble bien que cette manière de « convection chimique » traduise exactement le rôle de plusieurs catalyseurs inorganiques (2).

Mais alors, une conséquence intéressante se présente d'elle-même, applicable au moins à une classe de catalyseurs. C'est que ceux-ci pourront, d'après leurs affinités pour les produits ou sous-produits catalysés, ou même en raison d'autres circonstances, modifier non seulement la vitesse mais le type chimique de la

(1) Ostwald. VERSAMML. GES. DEUTSCH. NATURF. U. AERTZE, 1901.

(2) Voir Hober R. *Physikalische Chemie der Zelle und der Gewebe*. 1906, p. 389.

réaction. Leur refuserons-nous pour cela le nom de catalyseurs? Il nous semble que si l'on veut conserver à cette dénomination la signification rigoureuse qu'elle prend en mécanique chimique, ce ne sont plus des catalyseurs, en tant du moins qu'ils empiètent sur la forme même de la réaction; ou mieux, ce sont des catalyseurs *réels*, dans lesquels la puissance catalytique, théoriquement définie, n'est qu'un aspect d'une efficience concrète plus étendue, ici l'affinité chimique.

Slator (1) nous fournit, dans ses recherches, un exemple peu compliqué de ces réactions diversement catalysées. On sait que le chlore peut entrer en combinaison avec le benzol, soit par substitution d'un H :

$$C_6H_6 + Cl_2 = C_6H_5Cl \text{ (benzol monochloré)} + HCl,$$

soit par addition pure et simple :

$$C_6H_6 + 3Cl_2 = C_6H_6Cl_6 \text{ (benzol hexachloré)}$$

Or, sous l'action de la lumière, benzol et chlore donnent exclusivement du benzol hexachloré. Sous l'action catalysante de ICl, 70 °/₀ du chlore utilisé dans la réaction sert à former du benzol monochloré; et dans la catalyse par $SnCl_4$ ou $FeCl_3$, cette proportion atteint 100 °/₀.

Chaque catalyseur, d'après sa nature particulière, a donc non seulement accéléré mais dirigé la réaction. Enregistrons ce fait, que nous devrons rapprocher plus loin d'une action analogue des ferments organiques : il découlerait assez naturellement de l'hypothèse d'une combinaison chimique momentanée du catalyseur avec les produits intermédiaires de réaction; à vrai dire, une hypothèse est justifiée mais non démontrée par la vérification d'une de ses conséquences.

Voici un autre fait, suffisamment général dans les

(1) Slator. Zschr. f. physik. Chem. Bd. 45. 1903.

catalyses de systèmes homogènes, et qui s'expliquerait pareillement par l'hypothèse d'une réaction chimique du catalyseur.

On peut déduire des équations de van t'Hoff (1) et d'Arrhénius (2), relatives à l'accroissement des vitesses de réaction en fonction de la température, que, d'une manière très générale, au cours des réactions *chimiques*, ces vitesses sont augmentées dans la proportion de 2 jusqu'à 3.5 fois pour une élévation de température de 10 degrés. Or, si le processus catalytique se compose d'une chaîne de combinaisons chimiques auxquelles participe le catalyseur, la proportionnalité à 2—3.5 s'y trouvera sans doute respectée. En fait, c'est le cas de nombreuses catalyses. Et ce n'est donc pas sans raison que plusieurs ont vu, dans un pareil accroissement des vitesses de réaction, un critère commode — sinon sûr et précis — de la fonction chimique de tels ou de tels catalyseurs. Joint à la spécificité d'action de ceux-ci et à leur influence sur la forme même de la réaction, il n'est peut-être pas à négliger, quelque échappatoire théorique qu'il laisse subsister.

Le mode de la catalyse en milieu homogène pourra donc souvent s'interpréter, au moins hypothétiquement, par une réaction chimique intercalaire du catalyseur lui-même, avec ou sans altération du type général de réaction.

2° *La catalyse en milieu hétérogène ; les actions de surface.* — Passons maintenant aux *systèmes hétérogènes*. De nouveaux éléments vont y compliquer les possibilités d'action catalytique.

En effet, tout système hétérogène contient au moins deux phases en présence ; les réactions s'y effectueront

(1) van t'Hoff, *Leçons de chimie physique*, etc..., pp. 227 à 237. Voir le tableau de la p. 230.

(2) Arrhenius, Zschr. f. physik. Chem., Bd. 4, 1889.

aux surfaces de contact et supposent donc une diffusion préalable des corps réagissants. La vitesse totale de réaction sera la *somme d'une vitesse de combinaison chimique et d'une vitesse de diffusion.* On peut admettre avec Nernst (1) que la seule diffusion qui soit ici — pratiquement — à considérer se réduit au transport du corps réagissant vers la périphérie de la phase à laquelle il appartient.

Chaque fois que les deux vitesses sont simultanément de l'ordre des grandeurs mesurables, la difficulté surgit, par là même, d'établir leur rapport mutuel ; car on n'en constate guère que l'effet global. Mais, en deux cas extrêmes, elles se présentent isolément à l'observation : 1° quand la vitesse de diffusion dépasse tellement la vitesse de réaction chimique, que celle-ci seule est sensiblement représentée dans la durée totale de la réaction, la diffusion pouvant être considérée comme instantanée ; 2° inversement, quand la durée de la réaction chimique est négligeable à côté de la durée de diffusion.

Examinons ces deux cas au point de vue de la catalyse.

Dans le premier cas, celui où la vitesse de réaction importe seule, Bredig (2) proposa l'explication suivante du rôle du catalyseur. Il supposa que celui-ci fournissait aux corps réagissants un milieu de solution plus favorable à la réaction. Un exemple. Une solution d'acétate de méthyle dans le benzol n'est pas saponifiée, à 25°, par la triéthylamine ; mais qu'on introduise dans le mélange 2,5 % d'eau, en agitant pour la réduire en émulsion, aussitôt la saponification de l'ester se produit rapidement. Les gouttelettes d'eau ont fourni le solvant dans lequel l'ester aussi bien que la base purent attein-

(1) Nernst, ZSCHR. F. PHYSIK. CHEM., Bd. 47, 1904.
(2) Bredig, *Anorganische Fermente,* Leipzig 1901, p. 92.

dre le degré de dissociation nécessaire à leur réaction mutuelle. A ce point de vue, l'eau constitue sans doute le plus universel des catalyseurs, puisque la possibilité de la plupart des réactions chimiques dépend de la dissociation électrolytique que permet un milieu aqueux (1).

L'influence catalytique de l'eau, telle qu'elle apparaît dans l'expérience de Bredig, peut être exercée dans des conditions équivalentes par tout autre solvant, liquide spécifique ou solution. Il est même possible de généraliser davantage et de dire, non pas, comme Euler (2), que *toute* catalyse, mais du moins que *beaucoup* de catalyses s'expliquent par une accentuation de l'état électrolytique des molécules réagissantes. L'extrême dissociation des ions correspond à un maximum d'activité réactionnelle ; de plus, en système hétérogène, chaque accroissement de la réaction qui s'effectue aux surfaces de contact de deux phases, entraîne une diffusion plus rapide des substances réagissantes vers ces surfaces, accompagnée d'une diminution de la tension superficielle : toutes circonstances qui augmentent la vitesse totale de réaction. Serait donc catalyseur tout corps dont la présence augmente la proportion d'ions libres dans les substances en réaction, qu'il soit d'ailleurs liquide, solution ou même solide.

De nouveau on entrevoit ici un mode possible, bien que, sans doute, partiel, de l'action catalytique. Et le champ de cette possibilité s'élargit encore si l'on songe aux modifications si nombreuses — positives ou négatives — que peut subir l'état électrolytique d'une solution par addition d'autres électrolytes ou simili-électrolytes (tels, par exemple, les granules colloïdaux. Voir notre premier article).

(1) Cf. van t'Hoff, *Leçons de chimie physique*, trad. franç. Paris 1898-1900.

(2) Euler, Zschr. f. physik. Chem. Bd. 36, 1901. Il convient de rappeler ici que Ostwald opposa de fortes objections à cette théorie électrolytique de la catalyse sous sa forme généralisée.

Le second cas extrême que nous avons signalé plus haut est celui d'une réaction dans laquelle la durée de la réaction chimique proprement dite devient pratiquement négligeable devant la durée de la diffusion. Cette dernière durée coïncide alors sensiblement avec la durée totale de réaction. Brunner (1) put mettre ce fait en évidence pour la dissolution de $Mg(OH)_2$ solide dans l'acide benzoïque : la vitesse de cette réaction répond aux conditions théoriques d'une durée de diffusion. Parmi les indices qui corroborent l'interprétation de Brunner, nous n'en relèverons qu'un seul, qui se rattache à une remarque déjà faite ci-dessus : le coefficient d'accroissement de la vitesse totale de dissolution de $Mg(OH)_2$ dans l'acide benzoïque est seulement de 1.5 pour une élévation de température de 10°, alors que, on se le rappelle, l'accroissement de vitesse d'une réaction chimique est, dans les mêmes conditions, de 2 à 3.5. On sait par ailleurs que l'accélération de la *diffusion* atteint en général 2 à 2.5 % par degré de température, ce qui donne un accroissement d'environ 1.20 à 1.28 fois pour 10 degrés. La vitesse de réaction de l'hydroxyde de magnésium sur l'acide benzoïque présente donc *à peu près* la variation typique d'une vitesse de diffusion. Les cas aussi nets sont d'ailleurs fort rares; et il faut ajouter que, même alors, l'influence de la diffusion sur la vitesse totale, si elle est largement prédominante, n'est point cependant exclusive d'autres facteurs.

Un catalyseur a-t-il prise sur les vitesses de diffusion? On peut conclure l'affirmative de l'ensemble des recherches physico-chimiques sur la diffusibilité des solutions. Il résulte, par exemple, des travaux d'Arrhénius, de Nernst et d'autres, que le « coefficient de diffusion » dépend directement de la viscosité du

(1) Brunner. Zschr. f. physik. Chem. Bd. 47, 1904.

milieu, qu'il varie par addition d'électrolytes et croît avec le degré de dissociation électrolytique des substances en cause, que « dans le cas de la diffusion d'un mélange des deux électrolytes la différence entre les vitesses de diffusion des deux électrolytes est plus grande que dans le cas de la diffusion isolée de chacun d'eux » (1), et ainsi de suite...

Or toutes ces circonstances accélératrices ou retardatrices de la diffusion peuvent être réalisées souvent, en système hétérogène, par introduction, dans l'une des phases contiguës, d'un corps qui ne figurera pas lui-même parmi les produits de réaction finale. Ce corps répond alors à la définition d'un catalyseur.

Il nous semble que l'effort que nous venons de tenter pour ramener à quelques chefs précis les modes d'action possibles des catalyseurs chimiques rend plus évidente que jamais, par le caractère incertain, lacuneux et nullement exhaustif du groupement obtenu, l'inadéquation foncière entre la définition thermodynamique et la réalisation objective de la catalyse. La définition thermodynamique n'envisage la catalyse qu'au point de vue du travail effectué en fonction du temps; mais les conditions ainsi définies peuvent se retrouver identiques dans des séries fort diverses de causalités objectives : la réalisation de ces conditions dépendra ici d'une vitesse de réaction chimique intercalaire; là, d'un degré plus ou moins élevé de dissociation électrolytique, d'une mobilité plus grande des ions; plus loin, d'une diffusibilité plus ou moins rapide des corps réagissants ou des produits de réaction; ailleurs et même généralement, de l'association de ces divers facteurs ou d'autres encore. La considération de la « catalyse » est donc un point de vue synthétique,

(1) Henri V. *Cours de chimie physique*. Fasc. I. Paris 1906, pp. 167-172.

compréhensif et commode, fécond peut-être; elle n'est pas une « explication » proprement dite (1).

3° *La catalyse en milieu microhétérogène. Enzymes et catalyseurs colloïdaux.* — L'incertitude qui résulte, dans les applications, de la constitution abstraite du concept de catalyse, va se trouver multipliée si nous passons des catalyseurs chimiques aux *enzymes*. Car celles-ci tranchent, semble-t-il, sur ceux-là par de notables particularités d'action. Elles n'obéissent franchement ni aux lois de la catalyse en milieu homogène, ni aux lois de la catalyse en milieu hétérogène...

Or, les enzymes sont exclusivement d'origine organique. Faudra-t-il donc attribuer le caractère si spécial de leur action à quelque propriété mystérieuse, vitale peut-être, empruntée à la source vivante dont elles dérivent ? Non, certes. Ce vitalisme serait de mauvais aloi, parce que fondé sur une obscurité et dédaigneux d'hypothèses légitimes.

Les pages qui vont suivre montreront à la fois où gît cette obscurité, quelles sont ces hypothèses et pourquoi elles sont légitimes.

Et tout d'abord, on conçoit sans peine la *difficulté* d'assouplir la cinétique des ferments à celle des réactions en système homogène ou hétérogène. Les enzymes partagent ici le sort de tous les *catalyseurs colloïdes*, organiques ou inorganiques. Le système qu'elles représentent, dans leurs solutions, chevauche à la fois sur le système homogène et le système hétérogène : c'est le système microhétérogène ou colloïdal, dont notre premier article (2) a exposé les propriétés les plus typiques. Et l'on peut donc s'attendre à rencontrer

(1) « Sie ist keine *Erklärung* ». Cf. Herzog, in : *Die Fermente*, usw., von Oppenheimer I, p. 160.

(2) Voir Rev. Quest. scient., octobre 1910.

déjà, à quelque degré, dans les catalyseurs colloïdaux inorganiques, les mêmes singularités qui rendent malaisée la réduction de l'action fermentaire aux lois générales de la dynamique chimique.

Quelques exemples feront constater ces analogies plus étroites entre ferments et catalyseurs colloïdaux.

On se rappelle l'influence notable — que nous avons rappelée plus haut — de la nature du solvant sur l'allure de la réaction qui s'y développe. Sans doute faut-il en chercher la raison générale dans la dissociation électrolytique des corps réagissants, dissociation diversement favorisée par divers milieux. En tous cas, cette influence du « milieu » peut rendre compte, au moins partiellement, de nombreuses catalyses chimiques. L'action des enzymes, par contre, semble échapper totalement à ce type si fréquent de catalyse. Un solvant se présente toujours, vis-à-vis du corps dissous, en masse relativement importante. Or, un des caractères très généraux des ferments, c'est d'exercer leur activité sous une masse extrêmement réduite. L'invertine peut dédoubler 200 000 fois son poids de sucre de cannes ; le lab-ferment coagule 30 millions de fois son poids de caséine ; un millième de milligramme de pepsine suffit encore à solubiliser un flocon de fibrine (1). Mais pareille disproportion entre l'enzyme et le substrat a son pendant dans l'action des catalyseurs colloïdaux inorganiques ou même d'autres catalyseurs chimiques. D'après Bredig, dont les recherches sont devenues classiques, 1 atome-gramme de platine, en solution colloïdale dans 70 000 000 de litres de solvant, exerce encore une action catalytique marquée sur la dissociation de H_2O_2 (2) : pourtant ceci représente, pour le platine, la dilution énorme de

(1) D'après Oppenheimer-Herzog, *Die Fermente*, usw. I, p. 162.
(2) Bredig, *Anorganische Fermente*, p. 50.

3×10^{-9} grammes dans un centimètre cube d'eau. Brode (1) assure que 0.000 000 005 gr. de H_2MoO_4 dans un centimètre cube de solvant catalyse encore la réaction de H_2O_2 sur HI. A ces doses infinitésimales, le ferment comme le catalyseur ne pourraient que malaisément faire office de solvant vis-à-vis du substrat : mais leur cause est commune. Et elle reste commune aussi si l'on considère le catalyseur non plus comme un solvant, mais comme un corps dont l'adjonction, même à dose minime, modifie le pouvoir dissociateur d'un solvant. Toute explication qui vaut pour le catalyseur colloïdal vaut aussi pour le ferment.

Une autre caractéristique des ferments, c'est de ne s'accommoder que d'une gamme de températures plutôt modeste, à l'intérieur de laquelle leur activité passe par un maximum pour s'éteindre ensuite assez brusquement. Cette incompatibilité avec des températures qui dépassent une zone très limitée rapproche étroitement l'action des enzymes des réactions propres aux organismes vivants. A l'accroissement d'activité qui accompagne normalement les accroissements de température, se superpose bientôt, dans les ferments et dans les tissus vivants, un processus d'altération ou de destruction qui paralyse rapidement l'activité réactionnelle ou même en tarit les sources. Mais cette particularité non plus n'est pas l'apanage exclusif des ferments organiques : le platine colloïdal la présente de son côté : d'après les travaux de Ernst (2), son pouvoir catalytique passe par un optimum entre 65° et 85°, dans certaines conditions expérimentales : il décroît ensuite, pour disparaître totalement, à la température d'ébullition, par floculation du platine.

On sait combien les enzymes sont sensibles à

(1) Brode, Zschr. f. physik. Chem., Bd. 37, 1901.
(2) Ernst, Zschr. f. physik. Chem., Bd. 37, 1901.

l'atteinte d'une faible dose de certains poisons. Le platine colloïdal partage leur sort une fois de plus. Comparons-le, dans son action réductrice sur H_2O_2, à son correspondant exact, l'hémase, ferment réducteur contenu dans le sang. Tous deux sont endommagés par l'acide cyanhydrique : d'après Senter (1), l'hémase ne supporte pas HCN au titre de $\frac{1}{1.000.000}$, mais le platine colloïdal, d'après Bredig (2), ne résiste pas même à $\frac{1}{20.000.000}$. Encore une fois, parallélisme entre organique et inorganique.

La spécificité d'action des ferments suffirait-elle peut-être à les ranger en marge des vrais catalyseurs ?

Cette spécificité, il est vrai, se trouve être beaucoup plus rigoureuse que celle des purs catalyseurs chimiques. Selon la comparaison classique d'Em. Fischer, le ferment est adapté au substrat « comme la clef à la serrure ». Un ferment n'influence en général qu'un seul type de réaction chimique : hydrolyse, oxydation, réduction, etc. ; et cela, sur un nombre limité de substrats : une enzyme qui favorisera l'hydratation d'une dextrine demeurera sans action sur l'hydratation du saccharose, l'hydrolyse des graisses dépendra d'autres influences fermentaires que l'hydrolyse des albumines, et ainsi de suite. La spécificité d'action peut aller plus loin, et par exemple, dans le dédoublement d'un produit racémique, optiquement inactif, affecter inégalement les vitesses respectives de transformation en variétés lévogyre ou dextrogyre. Le produit final sera optiquement actif et portera le signe de l' « antipode » en excès. La spécificité chimique peut donc se compléter par la « spécificité stéréochimique » (3).

(1) Senter, Zschr. f. physik. Chem., Bd. 51, 1905.
(2) Bredig, *Anorg. Fermente*, usw.
(3) Voici l'indication de quelques travaux récents concernant cette spécificité

Pourtant, dans cette adaptation plus exclusive à certaines conditions de réaction, rien, il faut l'avouer, ne sépare radicalement les enzymes des catalyseurs inorganiques. Dans l'hypothèse d'une catalyse par réaction chimique intermédiaire du catalyseur, une spécificité, mesurée par les affinités mutuelles, s'imposerait presque comme une conséquence nécessaire : on doit donc s'attendre à voir diverses réactions diversement catalysées par un même catalyseur, ou bien à voir la même réaction diversement catalysée par divers catalyseurs, ou bien même à voir l'intervention du catalyseur orienter la réaction dans une direction qu'elle n'eût jamais prise spontanément : chacun de ces trois cas se rattache aux deux autres par gradations insensibles, et leur réalisation n'a rien de plus étrange dans l'action des enzymes que dans certaines catalyses purement inorganiques. La « spécificité stéréochimique » elle-même, relativement fréquente dans l'action des ferments, fut mise en évidence récemment, par Bredig et Fajans (1), au cours de vraies catalyses chimiques. D'ailleurs, si l'on veut se rappeler que les ferments agissent en solution colloïdale, on verra s'ouvrir une nouvelle possibilité d'explication de leur spécificité : les combinaisons d'adsorption qu'ils peuvent constituer avec leur substrat — quelle que soit d'ailleurs l'importance qu'elles prennent dans l'ensemble du processus fermentaire — impliquent certes, à elles seules, une électivité largement spécifique. Et c'est plus qu'il n'en faut pour s'abstenir de tracer une

stéréochimique : van t' Hoff, *Die Lagerung der Atome im Raume*, 3e Aufl. 1908 ; Rosenthaler, L., *Durch Enzyme bewirkte asymmetrische Synthesen*, Bioch. Zschr., Bd. 14, 1908 ; Em. Fischer, *Untersuchungen über Kohlenhydrate und Fermente*. Berlin 1909 ; Abderhalden und Pringsheim, *Studien über die Spezificität der proteol. Fermente*, Zschr. f. physiol. Chem. Bd. 59, 1909 ; Bredig und Fajans, *Zur Stereochemie der Katalyse*, Ber. d. deutsch. chem. Ges., Bd. 41, 1909.

(1) Bredig und Fajans, *Zur Stereochemie der Katalyse*, Ber. deutsch. chem. Ges. Bd. 41, 1909.— Fajans, *Stereochem. Spezificität d. Katalysatoren*, Diss. Heidelberg 1910 (nach Herzog).

démarcation nette entre enzymes et catalyseurs, surtout entre enzymes et catalyseurs colloïdaux.

Malgré tout, la dynamique des ferments n'est pas claire, moins claire même que celle des catalyseurs colloïdaux. Ceux-ci bénéficient des études très complètes faites par Bredig sur la catalyse du platine colloïdal. Mais le platine colloïdal est un colloïde de suspension, qui n'offre pas les complications des colloïdes hydrophiles ou lyophiles. Les enzymes, elles, sont des colloïdes hydrophiles, et l'étude de leur cinétique s'en trouve aggravée d'autant. Pour elles — comme d'ailleurs pour la solution colloïdale de platine — la pierre d'achoppement gît surtout dans les singularités d'allure de la constante de vitesse, k, qui tend à s'y émanciper des lois d'action des masses. Un catalyseur modèle devrait respecter scrupuleusement ces lois, et les écarts doivent donc ici trouver une interprétation satisfaisante. Mais laquelle ?

Dans la dissociation catalytique de H_2O_2 par le platine colloïdal, la valeur du coefficient de vitesse, k, est légèrement supérieure à celle que demanderaient les formules fondamentales ; de même, la vitesse de réaction, au lieu de croître proportionnellement à la concentration de la solution de platine, croît en réalité plus rapidement ; dans la relation purement empirique mais assez générale :

$$k = nF^m,$$

où n est un facteur de proportionnalité, F la concentration du ferment ou du catalyseur, et m une constante, caractéristique parfois pour un catalyseur donné, mais généralement égale à l'unité — dans cette relation, disions-nous, l'exposant m prend, pour le platine colloïdal, une valeur de 1.3 à 1.6.

Voici maintenant l'explication très plausible qu'on a

donnée de cet écart positif de vitesse. Le Pt colloïdal vis-à-vis de H_2O_2 ne saurait être traité ni comme un système homogène, ni non plus comme un système totalement hétérogène. Son cas pourtant se rapproche beaucoup de celui, que nous rencontrâmes plus haut, d'un système hétérogène dans lequel la vitesse de la réaction qui s'effectue à la surface de contact de deux phases est si considérable que sa durée devient pratiquement nulle au regard de la durée de diffusion. Toute circonstance qui favorisera cette diffusion, en d'autres termes, qui multipliera les contacts entre les menus granules de Pt (1re phase) et la solution ambiante de H_2O_2 (2e phase), accélèrera la réaction et pratiquement se traduira seule dans les équations. Or, comment apprécier la valeur des surfaces de contact dans un système de particules colloïdales en suspension, dans un système microhétérogène ? elle représente la somme de deux éléments distincts : la totalité des surfaces granulaires d'abord, puis la multiplication des contacts par suite des mouvements browniens qu'effectuent les particules. Dans le cas du Pt colloïdal, les particules sont très petites et les mouvements très vifs. L'accroissement de sa concentration effective représente donc non seulement un simple accroissement de surfaces : on aurait alors : $m = 1$; $F^m = F$ (1), mais, en plus, un accroissement des contacts entre les 2 phases par suite des mouvements effectués : $m = 1 + \left(\frac{3}{10} \text{ à } \frac{3}{5}\right) = 1 + \text{environ } \frac{2}{3}$; $F^m = F^{1.3 \text{ à } 1.6}$ (2).

(1) Dans l'action catalytique du Pt *non colloïdal*, $m = 1$: l'accroissement de la vitesse de réaction est proportionnel à celui de la surface du métal.

(2) Dans un système hétérogène, si l'on *déplace rapidement* l'une des phases en présence, par exemple une surface de Pt dans une solution de H_2O_2, la réaction s'accélère et cet accroissement de vitesse réactionnelle est précisément proportionnel à la puissance $\frac{2}{3}$ de la vitesse de déplacement. Il est intéressant de rapprocher cette relation des chiffres reproduits dans le texte.

Mais l'action catalytique du platine colloïdal, quelque analogie qu'elle présente avec les actions fermentaires, n'en est pourtant pas le prototype. Sans doute, l'influence des catalases (1) sur la dissociation de H_2O_2 se rapproche étroitement de celle du platine dans la même réaction. Il en va tout autrement pour l'énorme majorité des enzymes.

La pepsine, par exemple, présente, dans les premières phases de sa réaction sur l'albumine, une particularité exprimée dans une formule qui porte le nom de « règle de Schütz » :

$$x = p\sqrt{F}.$$

La quantité, x, de substrat transformé en des temps égaux est proportionnelle, non pas à la concentration du ferment, ni à une puissance de cette concentration, mais à la racine carrée de cette concentration (2). Nous voici assez loin du platine colloïdal.

De même, plusieurs réactions fermentaires obéissent à la relation :

$$x = q\sqrt{t}$$

dans laquelle x représente la quantité de produits transformés, q un facteur de proportionnalité et t le temps écoulé depuis le début de la réaction (3). C'est dire que, pour une même concentration de ferment,

(1) Une étude générale sur les catalases vient de paraître dans les Ergebnisse der Physiol., 1910.

(2) Arrhénius a fourni récemment une interprétation assez naturelle de la règle de Schütz en analysant un phénomène analogue qui se présente au début de la saponification de l'acétate d'éthyle. Les produits de la réaction, tant qu'ils n'atteignent pas une proportion donnée, développent une action inhibante inversement proportionnelle à leur concentration. Cette inhibition se produirait aussi au début de l'action de la pepsine et de ferments analogues. Cf. Arrhénius. *Über die Schützsche Regel bei Reaktionsgeschwindigkeiten*, Medd. fr. K. Vetensk. Nobelinstitut, I, 1908.

(3) Herzog, *Physik. Chem. der Fermente*, usw. in : Oppenheimer, *Die Fermente*, usw. Bd. I, p. 167.

l'activité réactionnelle diminue à même la durée de réaction. Pour le platine colloïdal au contraire — et d'ailleurs aussi pour des ferments comme l'hémase — la réaction s'accélère un peu en fonction du temps (1), c'est-à-dire, dans le cas présent, en fonction de la dilution croissante du substrat ($H_2O_2 \rightarrow H_2O + O$).

Ailleurs encore, dans l'hydrolyse d'hydrates de carbone, de glucosides, de graisses, etc..., on constate, qu'à l'intérieur d'une zone moyenne de concentrations du ferment, le pourcentage en produits transformés est plus élevé pour de faibles concentrations du substrat que pour des concentrations plus fortes.

4° *Hypothèses explicatives de la dynamique des enzymes.* — Voilà bien de menues — et indues — variations sur le thème fondamental fourni par la dynamique chimique. Le champ est ouvert aux *hypothèses explicatives*. Tout le problème, au fond, puisque nous nous occupons de la catalyse ou de la fermentation en elle-même et non du détail des opérations chimiques qui peut-être l'effectuent ou en sont la conséquence, tout le problème se ramène à discipliner sous un point de vue d'ensemble les écarts capricieux de la *vitesse* des réactions catalysées : nous aurions par le fait même la clef des variations anormales de concentration, et, dans les réactions réversibles, des déplacements imprévus de l'équilibre.

Écartons d'abord une hypothèse insuffisante : c'est que, dans les systèmes colloïdaux que sont les solutions d'enzymes, la vitesse de réaction totale se réduise à une *vitesse de diffusion*, la vitesse de réaction chimique y étant pratiquement infinie, donc négligeable dans l'expression des « durées ». Il est bien vrai, comme l'a

(1) Bredig u. Ikeda. Zschr. f. physik Chem. Bd. 37, 1901; Senter, Ibid. Bd. 44, 1903; voir aussi Höber. *Physikalische Chemie*, usw., p. 405.

montré Brunner, que dans le cas d'une indubitable vitesse de diffusion, en système hétérogène, le coefficient qui exprime l'accroissement de vitesse pour chaque hausse de température de 10° oscille autour de la valeur 1.5. Il est vrai aussi, comme le fait observer Senter, que ce coefficient peut souvent être considéré comme le signe distinctif, le critère au moins provisoire, d'une réaction en milieu hétérogène avec prédominance des durées de diffusion. Il est vrai encore que l'action de l'hémase, pour laquelle le coefficient est 1.5, aussi bien que celle du Pt colloïdal (coefficient = 1.7), s'accommodent de ce type purement physique d'interprétation de la catalyse. Mais abstraction faite même d'autres particularités, il suffit de jeter un coup d'œil sur un tableau des valeurs du coefficient en question dans diverses fermentations pour se convaincre qu'on y a affaire souvent à autre chose encore qu'à une vitesse de diffusion. Voici quelques chiffres empruntés à Herzog (1) :

Types de réaction :	*Coefficients :*
Invertine sur sucre de cannes . . .	1.4 à 1.5
Maltase sur maltose	1.9
Emulsine sur salicine	2.4
Lipase sur butyrate d'éthyle. . . .	1.3
Lipase sur monobutyrine.	1.6
Pepsine sur albumine	2.28
Trypsine sur albumine	2.87
Papayotine sur albumine.	1.99
Zymase sur dextrose	2.7 à 2.8
Lab-ferment sur caséine	3.2

Les valeurs du coefficient s'échelonnent entre 1.3, qui est sa valeur en système nettement hétérogène

(1) Herzog. *Chemisches Geschehen im Organismus*, 1905, p. 48 (d'après Höber).

(1.28, dans la catalyse par le Pt non colloïdal) et 3, qui répond à sa valeur moyenne en système homogène (les valeurs normales en système homogène sont, nous l'avons vu déjà, de 2.5 à 3.5). Quant aux valeurs intermédiaires, on en appréciera la signification possible en se rappelant que le Pt colloïdal, système microhétérogène lyophobe ou non-hydrophile, est affecté du coefficient 1.7. On conçoit la hausse du coefficient à mesure que le colloïde devient lyophile et que sa solution se rapproche partiellement des systèmes homogènes.

Venons-en maintenant à des hypothèses plus sérieuses.

Pourquoi, après tout, l'action des enzymes ne serait-elle pas une vraie catalyse, répondant seulement à une *application un peu complexe des lois essentielles des équilibres chimiques ?* Arrhénius et son école (1) tentèrent, de fait, cette réduction des actions fermentaires aux types classiques, et l'on ne peut contester qu'il y ait dans leurs formules autre chose qu'une particulière ingéniosité de mise en équation. Ils ne méconnaissent pas — bien qu'ils y attachent peut-être trop peu d'importance — le caractère colloïdal des solutions d'enzymes ; mais ils font peu de différence entre les colloïdes lyophiles ou hydrophiles et les solutions homogènes. Pratiquement ils traitent le problème de l'action des ferments comme un problème d'équilibres complexes en système homogène. Les exceptions et irrégularités apparentes s'expliqueraient dès lors par des réactions secondaires : combinaisons du ferment avec le substrat, avec les produits intermédiaires uo avec les produits ultimes de la réaction, chaque combinaison subsidiaire étant d'ailleurs justiciable elle aussi

(1) Cf. Arrhénius, *Immunochemie*. Leipzig 1907 ; *id.*, Ergebn. d. Physiol, VI, 1907, et divers mémoires.

des exigences de la dynamique chimique. La vitesse de réaction des enzymes sera donc surtout, en dernière analyse, une vitesse de réaction chimique, avec toutes les atténuations ou les accentuations que lui imprimeront les combinaisons subsidiaires.

Il est évident que ce mode d'explication peut, moyennant une suffisante complication des éléments hypothétiques ou moyennant une simplification hardie des données objectives, rendre raison des apparences et les encadrer dans des formules d'une approximation satisfaisante. Mais le procédé fait involontairement songer à la solution des problèmes du mouvement apparent des planètes par une superposition d'épicycles.

Euler, H., se tient à peu près au même point de vue qu'Arrhénius. Nous avons vu déjà qu'il insiste, dans son explication de la catalyse, sur l'augmentation de la *concentration en ions libres* par suite de l'adjonction du catalyseur. Les molécules réagissantes résultent d'ailleurs de l'union temporaire, chimique et bien définie, du catalyseur — éventuellement du ferment — avec le substrat. Tout se passe conformément aux lois des équilibres en système homogène (1), avec seulement quelques complications résultant surtout de la fixation finale assez fréquente d'une partie de l'enzyme sur le substrat ou sur les produits de réaction (2).

Dans ses recherches sur la catalyse du sucre de cannes, de la salicine et de l'amidon, respectivement par l'invertine, l'émulsine et la diastase, V. Henri (3) s'était efforcé d'établir des formules dont les constantes ne présentassent pas trop de « jeu » à l'expérience. Les constantes des formules régulières de la réaction

(1) Euler, H., Zschr. f. physik. Chem. Bd. 36, 1901.

(2) Euler, H., *Allgemeine Chemie der Enzyme*. II. Ergebn. der Physiol. IX, 1910, p. 261.

(3) Henri, V., Zschr. f. physik. Chem. Bd. 39, 1902 ; C. R. Acad. Sc., t. 135, 1902, t. 136, 1903.

en système homogène étaient suffisamment respectées dans le cas de la diastase, mais variaient, en plus ou en moins, au cours des deux autres réactions. Il fallut donc, dans les équations, introduire des termes correcteurs qui canalisassent les irrégularités. Mais quel phénomène réel pouvaient bien symboliser ces termes secourables ? Quelque chose comme ceci : dans le cas d'une réaction accélérée, une superposition de phénomènes rappelant les « autocatalyses », c'est-à-dire les catalyses catalysées elles-mêmes positivement par leurs produits ; dans le cas de réaction retardée, un épiphénomène de l'ordre de la catalyse négative, c'est-à-dire le développement, par les produits de réaction, d'une action entravante sur celle-ci. Au fond de ce jeu d'épicycles physico-chimiques, comme ultime base objective, se trouvait postulée la faculté assez large du ferment d'entrer en *combinaisons chimiques réversibles* avec le substrat et les sous-produits.

A ce moment, V. Henri naviguait donc encore dans les eaux d'Arrhénius. Il nous fournira lui-même la transition à un *nouveau point de vue*, qu'il fut d'ailleurs parmi les premiers à reconnaître. En 1904-1905, il se demande si l'application stricte de la « loi des masses » aux solutions colloïdales d'enzymes est bien légitime (1). Car enfin cette loi fut établie pour des milieux homogènes, non pour des systèmes aussi spéciaux que les milieux microhétérogènes. Dans ces derniers milieux se produisent nécessairement des combinaisons d'adsorption, échappant toujours par quelque côté aux exigences stochiométriques des pures combinaisons chimiques. Et puis, les dimensions des micelles colloïdales ne sont pas généralement aussi voisines des dimensions moléculaires que ne forcerait

(1) Henri, V., C. R. Soc. Biol., t. 57, 1904 ; Zschr. f. physik. Chem. Bd. 51, 1905.

à le supposer le point de vue d'Arrhénius. Cet état spécial des solutions d'enzymes doit bien avoir quelque contre-coup dans la cinétique des réactions fermentaires : pourquoi ne serait-il pas la cause d'une partie au moins des irrégularités constatées ?

Plusieurs biochimistes contemporains, qui se posèrent cette question, la résolurent en substituant, dans leurs hypothèses explicatives, les *combinaisons d'adsorption* du ferment avec le substrat et avec les produits intermédiaires ou terminaux aux combinaisons strictement chimiques d'Arrhénius. Nommons parmi eux, outre V. Henri, Herzog (1), Bayliss (2), S. G. Hedin (3) etc.

Ce dernier, par exemple, propose avec beaucoup d'insistance le phénomène d'adsorption comme la seule explication possible de certains ralentissements ou arrêts de la réaction fermentaire. On est d'accord, dit-il, pour admettre qu'il est survenu, dans ces cas, une liaison de l'enzyme — en partie ou en totalité — par une substance autre que le substrat. Mais cette captation, faut-il l'envisager, avec Arrhénius, comme une neutralisation chimique analogue à celle qu'il suppose entre toxine et antitoxine ? Non, croit S. Hedin, car elle devrait alors être réversible, ce qui n'est souvent le cas ni pour les toxines ni pour les enzymes. Ou bien sera-ce une sorte d'association chimique, au sens où l'entend Ehrlich ? Non plus, car pareille combinaison s'effectue selon des proportions définies, ce qui de nouveau n'est pas le cas pour les enzymes. Reste l'adsorption, qui présente à la fois une phase de réver-

(1) Herzog, Zschr. f. physiol. Chem. Bde. 41, 43, 1904; 48, 1906.

(2) Bayliss, *The nature of the enzym action*, 1908. Voir aussi son intéressant article de vulgarisation dans la Rivista di scienza, 1910.

(3) Hedin, S., *Zur Kinetik der Enzyme*. Zschr. f. physiol. Chem. Bd. 57, 1908; *Über die Hemmung der Enzymwirkung durch Adsorption*. Ergebn. der Physiol., IX, 1910.

sibilité et une phase d'irréversibilité et n'est pas astreinte à des proportions définies (1).

Mais la physico-chimie d'Arrhénius garde des fidèles. En 1908, T. Robertson (2) vint rompre une lance en sa faveur dans la Kolloïd-Zeitschrift, et Bayliss soutint le choc (3). Le premier n'admet pas les critères généraux de l'adsorption proposés par Van Bemmelen et W. Ostwald. Il s'efforce d'expliquer l'ensemble de ce phénomène aberrant par des combinaisons de phénomènes physico-chimiques régis par la loi des masses, et, de ce point de vue, critique et interprète les recherches de Bayliss. Ce dernier répond en maintenant et en précisant le rôle de l'adsorption dans les réactions fermentaires. L'adsorption a pour effet immédiat de lier l'enzyme au substrat : c'est le complexe ainsi formé qui réagit, chimiquement, dans les phases ultérieures. Les preuves capitales de la réalité d'une adsorption peuvent d'ailleurs se déduire 1° de l'état colloïdal des enzymes, 2° de la loi exponentielle des rapports de concentration et d'activité des enzymes; nous avons vu, il est vrai, que cette loi s'explique aussi, bien que plus malaisément, du point de vue purement chimique; 3° de l'influence des sels neutres sur l'activité des enzymes. Si l'on veut bien se rappeler notre premier article sur les colloïdes, on devinera les étroites analogies, sinon l'identité partielle, du cas des ferments avec celui de solutions colloïdales quelconques mises en présence d'électrolytes ou de colloïdes étrangers. Quant à la spécificité d'action des ferments, qu'on pourrait objecter ici, il est à remarquer qu'une certaine électivité n'a rien d'incompatible avec l'adsorption,

(1) Voir Hedin, Ergebn., *loc. cit.*, pp. 447, 448, 440, 441, et alibi.

(2) Robertson T., *Einige kritische Bemerkungen zur Theorie der Adsorption*. Zschr. f. Ch. Ind. Kolloïde, Bd. 3, 1908.

(3) Bayliss, W. M., *Ueber die Adsorption und ihre Beziehung zur Enzymwirkung*, Ibid. Bd. 3, 1908.

puis, secondement, que, dans le processus fermentaire total, l'adsorption n'est certes pas seule en cause et ne doit donc pas nécessairement tout expliquer.

Il se produit certainement dans les réactions fermentaires des combinaisons d'adsorption et celles-ci fournissent une interprétation relativement simple des particularités de celles-là. Voilà plus qu'il n'en faut pour légitimer l'opinion de Bayliss, Herzog, Hedin et autres chercheurs, de plus en plus nombreux, qui la partagent. Pourtant, on ne doit point l'oublier, l'on n'a pas dit le dernier mot dans la question des enzymes pour avoir prononcé celui d'adsorption. Et peut-être même l'adsorption doit-elle d'être une hypothèse si complaisante à cette allure capricieuse qui nous masque encore partiellement sa nature intime et ses lois d'exercice. La dynamique des combinaisons d'adsorption n'est qu'ébauchée : elle progressera sans doute du même pas que la chimie des colloïdes lyophiles.

Pour entrer dans le détail des phénomènes d'adsorption, qui peuvent se développer au sein des solutions d'enzymes, il nous faudrait écrire un nouvel article. Contentons-nous de quelques indications très générales, en renvoyant le lecteur désireux de plus de détails au chapitre 20 de l'excellent livre de Wolfgang Ostwald : *Grundriss der Kolloidchemie* (1).

Le phénomène d'adsorption se rattache étroitement aux variations positives ou négatives de concentration qui se produisent à la surface de contact de deux phases : l'adsorption est fondamentalement une variation *locale* de concentration. Sous cette forme très générale elle est donc justiciable des lois de Gibbs et de J. Thomson, que nous avons rappelées dans notre premier article sur les colloïdes (2). Les concentrations

(1) Dresden, 1910.
(2) Rev. des Quest. scient., octobre 1910, pp. 22-23.

respectives des substances adsorbante et adsorbée varieront, à leur surface de séparation, en fonction de la tension superficielle qui y règne ou des réactions chimiques qui s'y effectuent. On peut même généraliser et dire avec Wo. Ostwald que l'adsorption est un phénomène propre aux « surfaces énergétiques » (1), c'est-à-dire aux surfaces constituées par une dénivellation brusque des valeurs d'une espèce quelconque d'énergie : mécanique, chimique, thermique, électrique... Or les solutions colloïdales, considérées comme systèmes microhétérogènes diphasiques, sont caractérisées par l'état « dispersoïde » d'une des deux phases, c'est-à-dire par la multiplication de ces minuscules « surfaces énergétiques » que constitue la périphérie des micelles. Chacune de ces surfaces sera nécessairement le siège d'une adsorption positive ou négative, dont l'effet se fera sentir dans une petite zone tout alentour. Cette adsorption se manifestera d'ailleurs sous la forme précise que permettront la nature du colloïde et la composition du liquide qui en baigne les micelles : si ce liquide ambiant contient en solution des électrolytes, ceux-ci subiront, autour des micelles une condensation ; si le liquide porte en suspension d'autres granules colloïdaux, ils seront, selon les cas, soit captés par les premiers, soit au contraire repoussés.

L'énergie en jeu, dans ce phénomène, peut, nous venons de le dire, être diverse. Michaelis, L. et son collaborateur Rona, P., auxquels on est redevable de nombreux travaux sur l'adsorption et la dynamique des ferments, distinguent surtout deux espèces d'adsorption intéressant les colloïdes : une adsorption « mécanique », dont le présupposé énergétique est une tension superficielle positive de la solution ambiante (ou d'une autre phase) vis-à-vis du corps adsorbant, et une

(1) Wo. Ostwald, *op. cit.*, p. 434.

adsorption « électrique » qui ne suppose pas nécessairement cette tension, mais bien l'existence, de part et d'autre, d'une charge électrique : telle serait l'adsorption de l'albumine par le kaolin, dont le pouvoir adsorbant « mécanique » est nul (1). Les auteurs énumèrent encore d'autres caractères différentiels de ces deux adsorptions : nous ne pouvons nous y attarder ici.

L'adsorption qui amorce le processus fermentaire est sans doute, partiellement, une adsorption électrique. Les ferments, en effet, sont porteurs d'une charge électrique, puisqu'ils subissent la cataphorèse (2). On entrevoit le champ très vaste de recherches qui s'ouvre de ce chef et l'intérêt que peut offrir la connaissance précise de l'état électrique respectif des enzymes et du substrat, en présence ou non d'électrolytes et d'autres substances étrangères. Il ne saurait être question néanmoins de restreindre les modes d'adsorption des ferments aux modes « mécanique » et « électrique » : selon toute probabilité, l'énergie qui s'y déploie est parfois d'origine plutôt chimique et l'adsorption peut ainsi se rapprocher indéfiniment de la combinaison proprement dite. La nature même des colloïdes (voir notre premier article) nous invite, à priori, à ne pas négliger ce point de vue, voisin de celui d'Arrhénius.

(1) Michaelis, L., und Rona, P., *Untersuchungen über Adsorption*. Bioch. Zschr., Bd. 15, 1908.

(2) Michaelis, L,, *Elektrische Überführung von Fermenten*, I, II. *Überführungsversuche mit Fermenten*, III, IV, Bioch. Zschr., Bde. 16, 17, 19, 1909-1910. — Signalons à ce propos l'ouvrage de Michaëlis, *Dynamik der Oberflächenwirkungen*. Leipzig, 1909. — L'état qu'on pourrait appeler « électrolytique » des enzymes fit l'objet de bien d'autres travaux ; citons par exemple, Loeb, J., *Elektrolytische Dissoziation und physiologische Wirksamkeit von Pepsin und Trypsin*, Bioch. Zschr., Bd. 19, 1909. — Iscovesco, *Action du courant continu sur les ferments, Catalase, Pepsine*, C. R. Soc. Biol., t. 67, 1909. — On saisit sans peine l'importance que prend ici la connaissance précise de la concentration en ions H+ dans les solutions soumises à la fermentation. A ce point de vue, des travaux comme ceux de Sörensen, S. (Medd. fra Carlsberglabor, VIII, 1909, et Bioch. Zschr., Bd. 21, 1909), présentent un sérieux intérêt.

Nul doute que les « combinaisons d'adsorption » malgré leur allure plus libre, ne soient, comme tout phénomène naturel, soumises à des lois très précises, qu'on finira bien par débrouiller. On s'y efforça d'ailleurs, non sans succès : il est permis déjà de parler d'un équilibre des combinaisons d'adsorption et d'une formule des concentrations. Mais cet équilibre n'est pas, comme l'équilibre chimique, en dépendance régulière de la température : il varie, très capricieusement, aussi bien en sens direct qu'en sens inverse de celle-ci. Puis les combinaisons qui le constituent dépendent autant et plus, dans leurs proportions, de circonstances physiques que de caractéristiques chimiques. Puis encore elles n'ont en général qu'une spécificité très élastique ; cette spécificité est d'ailleurs plus étroite dans l'adsorption par des colloïdes organiques ; parfois même, chez ces derniers, la présence du ferment adsorbant provoque une dissociation du corps adsorbé en produits électropositifs et électronégatifs, avec fixation d'une seule de ces deux catégories. Bref, les conditions d'exercice du phénomène se montrent assez complexes et assez variables pour conserver une particulière souplesse aux quelques expressions cinétiques qui le synthétisent. Mais la « souplesse » se paie souvent par une dose proportionnelle d'imprécision.

Nous résumerons comme suit les quelques idées esquissées dans les pages précédentes sur les caractères essentiels de l'action des ferments.

Les ferments sont une classe importante de catalyseurs colloïdaux. S'ils ont, en fait, une origine organique, l'influence de cette origine n'apparaît pas dans le mécanisme de leur action. Celle-ci est d'ordre physico-chimique.

Pour la bien comprendre, il importe de distinguer le catalyseur défini théoriquement, au point de vue

thermodynamique du catalyseur tel qu'il se trouve réalisé dans les réactions chimiques effectuées. Les voies et moyens de la catalyse réelle sont, à vrai dire, fort divers : la catalyse n'est guère, objectivement, qu'un cas particulier qui se retrouve çà et là dans l'enchevêtrement des causalités en exercice, sans autre homogénéité qu'une réunion de certains caractères abstraits d'ordre énergétique. De la catalyse concrète, en vertu du jeu normal des causalités objectives, la transition se fera donc insensiblement à des situations voisines, auxquelles ne s'appliquera plus qu'imparfaitement le type abstrait de la catalyse pure, à supposer même que celui-ci soit jamais applicable en toute rigueur. Ce qui revient à dire, en d'autres termes, que l'on ne saurait définir objectivement la catalyse comme une efficience concrète, mais seulement comme un *aspect* de certaines activités physiques ou chimiques.

Cet *aspect* se retrouve dans l'activité fermentaire, avec plus ou moins d'altération d'ailleurs. Pour établir une cinétique des enzymes, force est bien de formuler et d'expliquer ces altérations. Leur formulation mathématique, pour n'être pas une expression purement artificielle, doit symboliser au moins quelque hypothèse explicative de la déviation constatée.

Pareille hypothèse peut prendre deux formes : ou bien s'enfermer dans les conditions mêmes pour lesquelles fut établie la définition théorique de la catalyse, c'est-à-dire dans les lois fondamentales des vitesses de réaction en milieu nettement homogène ou nettement hétérogène, et, de la sorte, réduire, comme il est toujours théoriquement possible de le faire, une réaction globale irrégulière, à une somme, savamment composée, de réactions partielles régulières : c'est le point de vue d'Arrhénius et de Robertson.

Ou bien, se fondant sur le caractère très spécial des milieux colloïdaux, comme en sont les solutions d'en-

zymes, et sur les phénomènes d'adsorption qui s'y produisent, renoncer à leur appliquer telle quelle une cinétique déduite pour d'autres milieux, mais dégager de leurs particularités mêmes une formule qui leur soit propre. C'est le point de vue de Bayliss, de Herzog et d'autres.

Il importe cependant de remarquer que le recours aux phénomènes d'adsorption n'a point pour but d'expliquer le tout de l'action fermentaire, mais d'expliquer par la constitution même des milieux où elle s'effectue, pourquoi et dans quelle mesure elle s'émancipe des cadres classiques. Dans la réaction fermentaire totale, il y a non seulement des vitesses d'adsorption et des variations de dispersion colloïdale, il y a aussi des variations d'ionisation, des vitesses de réaction chimique et des vitesses de diffusion. La théorie de la catalyse colloïdale enzymateuse sera complète quand tous ces éléments se trouveront reliés entre eux par des relations définies.

Nous n'avons point prétendu, dans ce chapitre, esquisser l'ensemble des problèmes relatifs aux enzymes. Tout au contraire, notre étude s'est bornée à une portion très limitée de ces problèmes : à la comparaison entre l'action fermentaire et l'action catalytique. Dans le chapitre suivant notre point de vue se restreindra de même à un aspect seulement des phénomènes d'immunité. Les ferments vont nous y servir d'introducteurs.

III

ANTIGÈNES ET ANTICORPS

Oppenheimer, dans la toute récente réédition du premier volume de son ouvrage sur les ferments, intitule un des chapitres : *Die Fermente als Antigene*. Jusqu'à quel point peut-on considérer les ferments comme des « antigènes » ? Nous allons nous efforcer de préciser le sens de cette question. Et pour cela, nous considérerons d'abord isolément deux classes de phénomènes, dont il apparaîtra à première vue qu'ils ne sont pas sans analogie entre eux ; puis nous préciserons la valeur possible de celle-ci.

1° *Activateurs et paralysateurs d'enzymes*

Déjà nous eûmes l'occasion de signaler le fait qu'une catalyse fermentaire peut être elle-même catalysée soit positivement soit négativement. Cet énoncé général ne saurait faire difficulté, puisqu'il affirme simplement ceci : que, sous l'influence de certaines circonstances, la vitesse d'une réaction catalysée subit une accélération ou une décroissance nouvelle répondant aux conditions essentielles de la catalyse. Malheureusement, les phénomènes réels couverts par cet énoncé anodin sont des plus divers et une catalyse de second ordre peut s'effectuer de bien des manières. Les modalités énumérées ci-dessous ne répondent pas à un classement rigoureusement systématique et adéquat.

Les influences qui s'exercent sur la catalyse réalisent un des deux types, *accélérateur* ou *inhibiteur*.

D'abord, un mot des *influences accélératrices*. Il est

évident à priori, pour qui s'est rendu compte des modes principaux de la catalyse, qu'elle sera favorisée par un certain nombre de circonstances physiques ou physico-chimiques, comme l'élévation de température, l'addition d'acides dilués qui amènent une plus complète ionisation, l'action de certains sels neutres, dont nous avons fait remarquer déjà l'extrême importance dans les réactions en milieu colloïdal, etc. Ces divers agents accélérateurs, qu'Arthus appelle « zymodynamogènes », appartiennent au monde physico-chimique ; ce ne sont pas eux-mêmes des ferments ; pourtant rien n'empêche, bien que nous n'en connaissions pas d'exemple certain, d'imaginer qu'un ferment soit secondé catalytiquement dans son action propre par un autre ferment.

A côté de ces influences purement accélératrices, s'en place une autre, très voisine, dont l'importance théorique est plus grande peut-être : celle des « activateurs » proprement dits. Que sont donc ces « activateurs » ?

On sait qu'un grand nombre de ferments sortent inactifs de la glande qui les produit. Pour attaquer le substrat auquel ils sont destinés, ils doivent au préalable être *activés* de façon ou d'autre. Parfois cette activation semblera consister surtout dans l'établissement d'une réaction acide (par exemple, pour la pepsine) ou même alcaline du milieu où doit s'effectuer la fermentation. Laissons ce cas, explicable peut-être par la simple nécessité d'un état électrolytique de certains éléments de la réaction. Parfois au contraire, le ferment inactif — zymogène ou proferment — sera complété par un activateur qui lui est spécifiquement adapté et présente lui-même les caractères des ferments, par une *kinase*. La trypsine, par exemple, s'échappe des canaux pancréatiques à l'état de protrypsine, dénuée de toute activité protéolytique vis-à-vis de la fibrine ou d'autres albumines : cette activité n'apparaît qu'en

présence de l'entérokinase du suc intestinal. Qu'est-ce au juste que cette entérokinase et quel est son rapport exact avec la protrypsine qu'elle active ? Adhuc sub iudice lis est. Pour Hekma, qui mit en évidence dès avant 1904 le rôle et l'importance de l'entérokinase (1), celle-ci est une substance qui entre en combinaison chimique proprement dite avec le trypsinogène. Bayliss et Starling (2), par contre, croient, comme Pavlov, que l'entérokinase est une enzyme, et donc que son action sur le trypsinogène est une catalyse fermentaire avec son présupposé presque obligé, une adsorption. On verra plus tard que la divergence entre ces deux opinions est peut-être moins importante qu'il ne paraîtrait à première vue ; on y reconnaît déjà ce double point de vue que nous rencontrâmes chaque fois qu'il fut question d'interpréter les réactions de colloïdes ; nous le retrouverons plus loin encore : chez les uns la tendance à ramener la cinétique chimique des colloïdes eux-mêmes au schéma classique des réactions chimiques ordinaires, chez d'autres la reconnaissance sans ambages des combinaisons d'adsorption et d'une cinétique spéciale aux colloïdes.

Nous ne pouvons omettre de mentionner ici un fait dont la signification n'est point encore élucidée, mais dont les conséquences théoriques pourraient être fort intéressantes. Larguier des Bancels et V. Henri (3) réussirent à activer le trypsinogène au moyen de sels calcaires ou de substances en contenant. L'action de la kinase peut donc être suppléée par celle de composés inorganiques. Ce fait n'offre rien de déconcertant pour

(1) Hekma, *Ueber die Umwandlung des Trypsinzymogens in Trypsin.* Arch. Anat. u. Physiol. 1904. Cf. Hamburger und Hekma. Akad. wetensch. Amsterdam, 1902, p. 733.

(2) Bayliss and Starling, *Relation of enterokinase to trypsin.* Journ. of physiol., vol. 32, 1904.

(3) Larguier des Bancels, C. R. Soc. de Biol., t. 59, 1905. Cf. aussi V. Henri, Rev. gén. des Sciences, 1905, p. 640.

un lecteur qui nous aurait suivi jusqu'ici : nous savons en effet que l'introduction d'un électrolyte dans une solution colloïdale peut modifier de diverses façons les réactions qui s'y passent, et donc aussi apporter au colloïde le complément qui lui manquait encore pour sortir certains effets. En nous appuyant sur les observations de Delezenne (1) et de Zunz (2), nous pouvons considérer cette action des sels de calcium comme une catalyse, dont le substrat serait la protrypsine et le produit la trypsine active : en effet, plusieurs indices semblent montrer que les sels de calcium ne participent pas directement à l'activité protéolytique de la trypsine elle-même : leur action serait préalable et intéresserait immédiatement le ferment, médiatement seulement la fermentation. Si l'on peut comparer à cette action du calcium celle de l'entérokinase, l'opinion de Bayliss, qui fait de la kinase un ferment, donc un catalyseur aussi, recevrait quelque appoint des constatations qui viennent d'être rappelées. De part et d'autre, qu'il s'agisse de sels de calcium ou d'entérokinase, le phénomène déterminant de cette catalyse serait une adsorption au contact des micelles du trypsinogène. L'adsorption conduit-elle jusqu'à une fixation strictement chimique de « l'activateur » sur le « proferment » ? C'est possible, mais douteux.

Nous tenons donc déjà deux modalités de la réaction enzymateuse : la réaction simplement accélérée et la réaction amorcée et rendue possible par une activation du ferment ; peut-être n'existe-t-il entre ces deux modalités qu'une différence de degré. Examinons maintenant une modalité inverse : la réaction *retardée* ou même *empêchée*.

(1) Delezenne, Diverses communications à l'Acad. des Sc. (C. R. 1905 et suiv.) et à la Soc. de Biol. (C. R. Soc. Biol., 1905 à 1907).

(2) Zunz, *Recherches sur l'activation du suc pancréatique par les sels*, I-III, Soc. roy. des Sc. médic. de Bruxelles, 1906-1907 (Ann., t. 16; Bull., t. 64).

Nous n'entendons point parler ici de la catalyse négative. Déjà, au cours des pages précédentes, nous avons remarqué que le catalyseur, comme tel, pouvait impressionner les transformations chimiques dans les deux sens, positif et négatif : en effet, l'accentuation de certaines circonstances inhibantes n'est pas moins possible, de soi, que leur atténuation. Mais il s'agit à présent d'autre chose. Nous sommes dans l'hypothèse d'une catalyse fermentaire positive et cherchons à nous rendre compte des influences retardatrices qui peuvent l'affecter.

On conçoit que ces influences doivent être multiples et fort diverses, puisqu'il n'est guère de causalité physique ou chimique qui n'ait prise par quelque côté sur les conditions dont dépend la vitesse d'une réaction. Pour énumérer ces influences « zymofrénatrices » ou « zymoinhibantes » (Arthus), il faudrait passer en revue les contre-coups possibles de la température, des radiations étrangères, de l'acidité ou de l'alcalinité du milieu, de sa viscosité, de l'addition d'électrolytes, de colloïdes banals, de poisons, etc... On trouverait ainsi que telles et telles influences contrarient la réaction sans toucher au ferment, que d'autres inhibent ou altèrent le ferment lui-même, que d'autres enfin déplacent l'équilibre au bénéfice de la réaction inverse. Nous ne nous occuperons pas davantage de ces « paralysateurs » généraux, dont l'action n'est pas spécifiquement adaptée à une catégorie donnée de ferments (1).

(1) Cette action paralysante est souvent une adsorption banale. Cf., parmi les travaux des deux dernières années : Hedin, S. G., *Zur Kinetik der Enzyme*, Zschr. f. physik. Chem., Bd. 57, 1908. — Peters, A. W., *Studies on Enzymes I. The adsorption of diastase and catalase by colloïdal protein and by normal lead phosphate*. Journ. biol. Chem., vol. 5, 1908. — Ascoli u. Izar, *Ueber die Wirkung anorganischer Kolloïde auf die Autolyse*. Bioch. Zschr., Bd. 17, 1909, et antea. — Dans le même ordre d'idées, signalons l'inactivation des ferments par secouage : sans doute l'effet inhibant d'une adsorption indue n'y est point étrangère au résultat. Cf. Schmidt-Nielsen,

D'autres « paralysateurs » montrent une adaptation plus exclusive : ce sont les produits ou sous-produits de la réaction catalysée. Souvent ils exercent sur le ferment une influence nettement inhibitrice ou destructive. (Nous avons déjà rencontré ce fait, admis aujourd'hui sans conteste; voir ci-dessus, p. 42). La maltase, par exemple, est empêchée dans son activité par le glucose, mais non pas par le galactose ou le fructose ; l'invertase est entravée par le glucose et le fructose, non par le galactose ; la lactase par le galactose et non par le fructose (1). L'adaptation du paralysateur apparaît ici d'autant plus exclusive que le type fondamental de réaction est semblable dans les trois cas et que les différents hexoses, produits de réaction, sont des isomères. On peut observer des inhibitions analogues dans l'action de l'émulsine. Les protéases elles aussi, et en particulier les peptases, trouvent, dans les acides aminés, déchets de protéolyse, des zymofrénateurs notables (2).

Ces paralysateurs agissent sur le ferment, soit en l'altérant chimiquement, soit plutôt en l'immobilisant, en le « liant » par adsorption (3). Ils n'appartiennent d'ailleurs à aucun titre à la classe des enzymes. Par contre, pour une autre catégorie de paralysateurs, dont nous allons dire un mot, cette appartenance est probable : nous voulons parler des *antiferments*.

Zur Kenntniss d. Schüttelinaktivierung des Labs. Zschr. f. physik. Chem. Bd. 60, 1909. — Shaklee und Meltzer, *Die mechanische Beeinflüssung von Pepsin*. Centralbl. Physiol., Bd. 23, 1909.

(1) D'après Armstrong H. E. and E. F., *Studies on enzyme action X*. Proc. Roy. Soc., vol. 79, 1907.

(2) Abderhalden und Brahm : Zschr. f. physik. Chem., Bd. 57, 1908. Il est à remarquer que seuls les amino-acides optiquement actifs développent une inhibition marquée. Nous signalons cette particularité pour rappeler l'attention sur ces curieuses correspondances stéréochimiques qui se manifestent au cours de la catalyse et de la fermentation, et que nous avons, plus haut déjà, soulignées au passage.

(3) Hedin, S. G., *Über die Hemmung der Enzymwirkung durch Adsorption*, Ergebn. d. Physiol., IX, 1910.

On a décrit pas mal d'antiferments, mais toutes ces observations n'ont peut-être pas la valeur précise que leur attribuèrent leurs auteurs. Car le ralentissement ou l'arrêt d'une réaction peuvent tenir à tant de causes diverses qu'il est besoin d'une critique très sévère pour déduire avec certitude l'existence d'un paralysateur spécifique, comme l'est un antiferment. On peut douter, par exemple, que l'obstacle véritable à l'autodigestion de l'estomac par la pepsine du suc gastrique soit réellement la présence normale d'un antiferment, d'une antipepsine, dans la muqueuse (1). Puis la spécificité de certains antiferments — réels ou prétendus — n'est pas toujours aussi étroite qu'il conviendrait.

Autrement en va-t-il de plusieurs antiferments dont l'apparition est déterminée par injection de l'enzyme correspondante. De ceux-ci la spécificité est normale et se rapproche de celle des anticorps immunisants, dont nous aurons à parler plus loin. Oppenheimer (2) dresse la liste des antiferments immunisants qui furent découverts jusqu'à ce jour : les principales catégories d'enzymes y sont représentées par leurs « anticorps » spécifiques.

Peut-être est-il bon de remarquer que l'inhibition de ferments constitués, comme la trypsine, par l'association d'une kinase et d'un zymogène, peut survenir soit sous l'influence d'une antikinase, soit sous celle d'un anticorps du ferment actif. On ne connaît pas, par contre, d'antizymogène.

Distincts des antiferments, malgré l'identité des effets inhibants, sont les paralysateurs encore mal connus

(1) La muqueuse stomacale serait suffisamment protégée par la mucine, qu'elle sécrète normalement, et qui, même in vitro, paralyse la pepsine par adsorption. Voir à ce sujet : Klug. *Pourquoi les ferments protéolytiques ne digèrent pas l'estomac et l'intestin chez le vivant*, ARCH. INTERNAT. DE PHYSIOL., t. 5, 1907. A vrai dire, cette explication ne suffit pas pour d'autres cas, comme l'immunisation antipeptique du sérum d'oies réalisée par Sachs (1902).

(2) Oppenheimer, *Die Fermente*, usw., Bd. I, p. 71, und Bd. II, passim.

qu'on appela les *zymoïdes* ou les *fermentoïdes* (1). On les obtient en portant certaines enzymes à une température où elles perdent leurs propriétés zymolysantes. Eux-mêmes sont détruits à 100° seulement. Et quelle est donc leur activité caractéristique ? Elle mérite d'être soulignée pour son intérêt théorique. Ils ont la propriété de se lier au substrat — par adsorption, sans doute — et de le soustraire ainsi à une action ultérieure de l'enzyme, sans d'ailleurs provoquer eux-mêmes dans ce substrat aucune réaction appréciable.

La nature des zymoïdes est controversée : pour les uns, c'est une simple transformation de l'enzyme primitive, dépouillée d'une partie de ses propriétés ; pour d'autres, c'est une substance existant normalement à côté de l'enzyme. Comme Oppenheimer le fait observer avec raison, la question n'est pas mûre (2).

A vrai dire, la question plus générale des rapports exacts des enzymes avec les kinases, des enzymes et des kinases avec le substrat, de tout cet ensemble avec les accélérateurs, paralysateurs et antiferments, n'est pas mûre elle non plus, tant s'en faut. On sent que les classements provisoires n'atteignent pas le fond du phénomène, que certaines étiquettes sont artificielles et certains rapprochements purement extérieurs. Tout ce qui paraît actuellement possible c'est de dégager et de noter quelques traits généraux qui suggèrent une parenté, dont il serait malaisé actuellement de préciser le degré, entre des groupes de faits assez distants. D'ailleurs, cette unification, pour sommaire et hypothétique qu'elle soit, représente non seulement une arrhe

(1) Il ne faudrait pas confondre ces « zymoïdes » ou « fermentoïdes » des auteurs allemands avec les « enzymoïdes » de Arthus. Celui-ci appelle de ce nom, pour souligner leurs analogies avec les enzymes, l'ensemble des *cytotoxines* (toxalbumines, lysines, agglutinines, précipitines) provenant de bactéries ou développées dans le sérum, Cf. Arthus, Bot. Centralbl., Bd. 95, 1904.

(2) Oppenheimer, *op. cit.*, I, p. 73.

consentie à la curiosité impatiente de l'esprit, mais aussi un stimulant de la recherche : elle mérite donc une vulgarisation prudente. A ce titre et sous ces réserves, nous parcourrons maintenant les principales caractéristiques d'un nouvel ordre de phénomènes, dont l'étude s'est poursuivie parallèlement à celle des ferments mais sans se confondre avec elle. On ne peut manquer d'être frappé, au passage, de nombreuses analogies : certaines d'entre elles sont illusoires ; d'autres apparaissent plus profondes.

2. *Les phénomènes d'immunité : antigènes et anticorps* (1)

N'ayant pas dessein d'étudier ces phénomènes pour eux-mêmes, l'esquisse que nous en ferons se bornera au rappel de quelques grandes lignes — que nous

(1) Bibliographie sommaire, qui pourrait aider à la *première orientation* d'un biologiste non spécialisé en « immunochimie » (sont seuls cités des travaux *récents*) :

1° *Ouvrages d'ensemble* : Dieudonné, A., *Immunität, Schutzimpfung und Serumtherapie*. 6e Aufl., Leipzig, 1909. — Ehrlich, P., *Beiträge zur experimentellen Pathologie und Chemotherapie*, Leipzig, 1909. — Le premier de ces ouvrages est plutôt destiné à des praticiens ; le second a une portée plus exclusivement théorique ; un troisième envisage la chimie et la cinétique des réactions d'immunité : Arrhenius, Sv., *Immunochemie*, Leipzig, 1907 (ou : Ergebn. der Physiol., VI, 1907). Au même point de vue : Oppenheimer, C., *Toxine und Antitoxine*, Iena, 1904. — A des points de vue plus spéciaux, il faudrait citer des livres comme : Calmette, *Les venins et la sérothérapie antivenimeuse*. Paris, 1907, — ou bien des traités pratiques comme le grand *Handbuch der Technik und Methodik der Immunitätsforschung* de Kraus et Levaditi, qui vient de s'enrichir d'une importante étude de Porges : *Ueber Kolloïde und Lipoïde in ihren Beziehungen zur Immunitätslehre* (Iena, 1910).

2° *Chapitres de traités plus généraux*. Les Traités de *bactériologie* de toute taille, et aujourd'hui la plupart des Traités de *physiologie animale ou végétale* présentent au moins quelques pages sur l'immunité. Tels, par exemple, parmi ces derniers, le *Traité de physiologie* de Morat et Doyon, (vol. I, *Fonctions élémentaires*, Paris, 1904, pp. 742-767); — Nagel, W. et collaborateurs, *Handbuch der Physiol. des Menschen*. (Le 1er *vol.* contient dans la 2e *partie* de la 2e *moitié*, pp. 609-874, un chap. de Oppenheimer : *Elemente der Immunitätslehre*, Braunschweig, 1909); — Gley, E., dans sa *Physiologie*, 2e éd , Paris, 1910, (qui est certes un des meilleurs manuels en l'espèce) traite assez

supposons connues par ailleurs. Et nous aurons la bonne fortune de pouvoir nous appuyer, dans cette tâche, sur un mémoire récent de M. Bordet, directeur de l'Institut Pasteur de Bruxelles (1) : le savant y fait lui-même l'historique de ses travaux, qui sont, comme chacun sait, intimement liés à toute l'histoire de « l'immunité », du moins de l'immunité « antibactérienne », dont nous nous occuperons en premier lieu.

sommairement le sujet (pp. 96-101), mais par contre anticipe peut-être trop hardiment sur les faits dans le rapprochement qu'il établit si nettement entre anticorps et diastases. — Nous avons déjà cité plusieurs fois la partie générale du tome 1er de la *Biochemie der Pflanzen* (Iena, 1905) de Czapeck : un bon paragraphe, pp. 82-95, s'y rapporte à notre sujet. — Les ouvrages de Pathologie font naturellement, eux aussi, une place à l'immunité ; citons seulement, dans une excellente Pathologie générale : Krehl, L., *Pathologische Physiologie*, 6e Aufl., Leipzig, 1910, les pp. 212 à 267, *(Über Infektion und Immunität)*, signées Krehl et Levy. Il n'est pas jusqu'au modestes « Précis » qui ne présentent parfois de bons exposés : nous citons, entre autres, à cause du nom de son auteur, bien connu en hémologie : Bezançon, D. *Précis de microbiologie clinique*, 2e éd., Paris, 1910 : « Notions sommaires sur l'immunité » mises bien à jour, mais sans prétention théorique, de la p. 30 à la p. 59. — Oppenheimer, dans le tome I de son ouvrage : *Die Fermente*, touche parfois au sujet de l'immunité, comme nous l'avons signalé dans le texte.

3° *Mémoires ou articles de revues spéciales* embrassant un aspect d'ensemble des questions d'immunité : Leconte, P., *L'immunité, Revue critique pour les années 1903-1904, 1905-1906*, La Cellule, t. 22, 24, 1905-1907; — Bordet, J., Mémoire cité ci-dessous (1909); — Gengou, O., *Contribution à l'étude de l'adhésion moléculaire et de son intervention dans divers phénomènes biologiques*, Arch. intern de Physiol., t. VII, 1908. (Contient un long aperçu sur la littérature des colloïdes, puis un exposé du rôle de l'adsorption dans la neutralisation toxine-antitoxine, etc.); — Zangger, H., *Die Immunitätsreaktionen als physikalische, speziell als Kolloïdphenomene*, Zschr. f. Immunitætsforschung, Bd. 1, 1909; — Henri, V., *État actuel de nos connaissances sur le mécanisme de l'immunité*, Semaine médic., 1 sept. 1907; — Nolf, P., Article : *Hémolyse*, dans le *Dictionnaire de Physiol.* de Richet, t. VIII (1908); — Nicolle, *Une conception générale des anticorps*, Ann. de l'Inst. Pasteur, t. 22, 1908.

4° *Vulgarisation récente* : Galeotti, G., *Le teorie sulla immunità*, Scientia, vol. VII, 1910, n° 1; — Id., *La dottrina degli anticorpi*, Ibid., n° 2; — Armand-Delille, *Le mécanisme de l'immunité. Anticorps, antigènes et déviation du complément*, Brochure n° 55 de « l'œuvre médico-chirurgical », Paris, 1910.

(1) J. Bordet. *Die Alexinfixierung und ihre Bedeutung für die Immunität*. Zschr. f. Immunitaetsforschung und exper. Therapie, II, Bd. 1, 1909. En voir un compterendu fort détaillé dans : Jahresbericht ueber die Ergebn. der Immunitaetsforsch. Bd. 5, 1910, pp. 67-74.

Après injection de certains bacilles, le sérum des animaux ainsi traités acquiert la propriété d'agglutiner et de détruire ces bacilles. Tel est le *fait fondamental* que Charrin et Roger découvrirent, en 1889, à la suite d'inoculations de bacilles pyocyaniques. Bientôt, dès 1891, les observations de Metschnikoff, de Behring et de Nissen étendirent ce fait à d'autres types microbiens.

Une seconde étape fut franchie, vers la même époque, grâce aux travaux de Pfeiffer et Isaeff : on remarqua la *spécificité* des propriétés bactéricides précédemment découvertes. Des bacilles — en l'espèce des vibrions cholériques — introduits dans la cavité péritonéale d'animaux préalablement immunisés, soit activement par injections successives de ces bacilles, soit passivement par injection de sérum immunisant, s'y trouvaient seuls agglutinés (phénomène de Pfeiffer), à l'exclusion de toutes autres espèces microbiennes.

Où résidait la cause de ce phénomène défensif? Pfeiffer attribuait un rôle à l'épithélium péritonéal. Metschnikoff imagina de réaliser le phénomène de Pfeiffer en dehors de l'organisme, en mettant les bacilles in vitro en présence de sérum et de leucocytes d'animaux immunisés. Bordet reproduisit l'expérience in vitro, avec du sérum dépouillé de tout élément cellulaire, leucocyte ou autre, et put donc conclure au *caractère chimique* de l'agent bactéricide *immédiat*.

A partir de 1895 se succédèrent d'importantes recherches de Bordet et d'autres bactériologistes.

Le sérum anticholérique perd son pouvoir bactéricide après un temps assez long, comme aussi après chauffage au-delà de 55°. Or, ce sérum, ainsi affaibli, reprenait son activité, additionné de sérum frais emprunté à un animal non encore traité. Une conclusion s'imposa : c'est que deux éléments au moins concouraient à l'activité antibactérienne d'un sérum immunisant : un élément banal, présent dans tout

sérum normal, mais thermolabile, c'est-à-dire ne résistant pas à une température de 55° ou plus ; puis, secondement, un élément plus résistant, thermostabile, inactif par lui seul, comme le premier, et apparaissant seulement dans le sérum des animaux immunisés. Le premier élément, commun à tous les sérums frais d'animaux de même espèce, fut appelé *alexine* (1) ; le second, l'élément activant et spécificateur, reçut le nom de *substance sensibilisatrice*.

Ces trouvailles furent le point de départ de travaux extrêmement nombreux, dont se dégagea la conclusion, toujours plus ferme, que l'on se trouvait en présence d'une *propriété défensive générale* de la matière vivante, non pas seulement d'une propriété antibactérienne.

En 1898, Bordet prépara un *sérum hémolytique* spécifique : l'introduction, dans le sang d'un animal donné, de globules rouges empruntés à un animal d'espèce différente, provoque dans le sérum du premier l'apparition d'un pouvoir d'agglutination et de résolution des globules étrangers. L'organisme injecté réagit donc de la même façon sur l'intrus, que ce soient des globules sanguins ou des bactéries. Il fallut généraliser encore, puisqu'il se trouva que l'organisme réagissait, en principe, sur tout élément cellulaire étranger qui envahissait son « milieu intérieur ». On put donc parler, non plus seulement de « bactériolyse », mais d' « hémolyse », et plus généralement de « cytolyse ». Nous redirons plus loin que cette généralisation est encore insuffisante et qu'il faut l'étendre à toute albumine étrangère, même amorphe.

(1) Ce nom fut conservé en souvenir de Buchner, qui reconnut et dénomma le premier la substance (ou la propriété) correspondante. Il l'attribuait à une sécrétion leucocytaire ; d'autres en cherchent l'origine dans les cellules des tissus. Nous ferons totalement abstraction de ce problème.

Nous devons, auparavant, prêter quelque attention au *mécanisme* fondamental de ces réactions du sérum.

Elles se passent toutes sur le type de la bactériolyse, c'est-à-dire sous l'action combinée de l'*alexine*, substance banale, présente dans tous les sérums frais et intervenant dans les réactions les plus diverses, et de la *sensibilisatrice*, produite seulement en présence de l'intrus et adaptée à la nature de celui-ci. Mais quels sont les rapports mutuels de ces trois facteurs : l'intrus (appelons-le « antigène », par anticipation), la sensibilisatrice et l'alexine? Accumulons les éléments successifs de solution.

En 1899, les recherches d'Ehrlich et de Morgenroth sur l'hémolyse, montrèrent que la sensibilisatrice *adhérait* aux globules rouges, à l'antigène donc, et les rendait sensibles à l'action de l'alexine.

D'autre part, la même sensibilisatrice, fixée d'un côté sur l'antigène, atteint par ailleurs, de façon ou d'autre, l'alexine du sérum. C'est ce qu'on pouvait prévoir à priori, et ce que manifestèrent à l'évidence les observations de Bordet sur « la déviation du complément ». Il trouva, en 1900, que des globules rouges, mordancés au préalable par leur sensibilisatrice, dérobent à un sérum neuf et frais son alexine : les globules sont hémolysés, mais le sérum, dépourvu de son alexine, devient incapable désormais d'exercer une action cytolysante quelconque. L'alexine, ou le complément (ce sont expressions synonymes), a donc été « deviée », grâce à l'intervention de la sensibilisatrice. Nous n'avons pas à nous occuper ici des applications nombreuses que reçut la méthode de « déviation du complément ». Remarquons seulement que, en 1901, 1902, elle fut étendue par Bordet, Gengou et d'autres à un grand nombre de types bacillaires, puis, en 1902, par Gengou, à l'albumine amorphe elle-même.

La « sensibilisatrice » est donc en rapport d'une part

avec l'antigène, d'autre part avec l'alexine du sérum : elle apparaît comme une sorte d'intermédiaire obligé entre deux substances réagissantes. Peut-on préciser ce rôle ?

Ehrlich s'y essaya (1). Sa théorie, qui n'est, par son côté « figuratif », qu'un échafaudage d'hypothèses, groupe schématiquement et assez exactement les faits : d'où sans doute son influence si étendue sur les travaux relatifs à l'immunité et la faveur dont elle jouit encore chez beaucoup de bactériologistes. Ajoutons qu'elle trouve son application aussi bien — et mieux peut-être — à l'immunité antitoxique, dont nous parlerons tantôt, qu'à l'immunité antibactérienne ou aux immunités similaires, dont il est à présent question. Ehrlich considère toute molécule vivante comme un édifice comprenant un noyau central essentiel, auquel seraient rattachées de nombreuses ramifications accessoires, qu'il appela, d'un nom emprunté à la stéréochimie, des « chaînes latérales ». Ces chaînes latérales constituent le dispositif qui assure les échanges chimiques du cytoplasme : elles sont munies de « groupes haptophores », capables de *fixer* les molécules étrangères et de les mettre ainsi en rapport avec le noyau fondamental. Ces « groupes haptophores » des récepteurs latéraux posséderaient d'ailleurs, par avance, des affinités étroites et exclusives pour telle ou telle espèce de corps envahisseurs.

Cela étant, supposons qu'on introduise dans les liquides organiques un antigène quelconque, figuré ou amorphe. Si les cellules de l'organisme injecté possèdent, dans les chaînes latérales de leurs molécules

(1) Les idées de Ehrlich se trouvent reproduites un peu partout. Lui-même, récemment, réunit en volume une série de discours et de conférences, prononcées à différentes époques et en divers endroits, qui peuvent fournir, sinon un exposé systématique, du moins une vue d'ensemble assez sûre, des opinions du célèbre immunologue : Ehrlich, Paul, *Beiträge zur experimentellen Pathologie und Chemotherapie*, Leipzig, 1904.

constitutives, des groupes haptophores correspondant à cet antigène, celui-ci ira s'y fixer et bloquera de la sorte, par saturation chimique, les dites chaînes latérales.

Alors, de deux choses l'une : ou bien l'antigène sera virulent et assez abondant pour exercer son action nocive sur les molécules vivantes auxquelles il s'est fixé ; ou bien, comme c'est le cas dans les expériences d'immunisation, il aura été injecté à l'état de virulence fortement atténuée. Que se passera-t-il dans ce second cas ?

Ici intervient une nouvelle hypothèse, fondée sur la loi biologique assez générale — mais peut-être trop généralisée — de l' « hypercompensation ». Les molécules vivantes dont une des chaînes latérales est immobilisée tendent à réagir par un phénomène compensateur, qui consisterait ici dans une édification intense d'autres chaînes latérales de même espèce que la chaîne saturée. Seulement la réaction dépasserait le but et cette ramification excessive aurait finalement pour effet de relâcher le lien de ces nouvelles chaînes latérales avec le noyau central au point de les en détacher et de les abandonner, libres, dans les liquides du milieu intérieur.

Le renouvellement, pendant quelque temps, d'un processus de ce genre, déterminerait donc la présence, dans le sang de l'animal en expérience, d'un grand nombre de chaînes latérales détachées, portant un groupement haptophore spécifiquement adapté à l'antigène qui servit pour l'immunisation. Que cet antigène reparaisse dans le sang et il sera capté immédiatement par les récepteurs spécifiques libres. Qu'adviendra-t-il du complexe ainsi formé ?

Les chaînes latérales isolées ne se trouvent pas totalement saturées par fixation du seul antigène ; elles ne sont pas des récepteurs unilatéraux, mais bien,

essentiellement, des *intermédiaires* entre deux substances réagissantes, des « ambocepteurs », selon l'expression de Ehrlich. Le complexe garde donc pour ainsi parler des valences ouvertes : quel est l'élément qui les saturera ? Ce sera l'alexine du sang, le « complément », comme l'a dénommée Ehrlich.

Le « complément », présent normalement dans le sang, possède en effet, de son côté un groupe haptophore, corrélatif du groupement complémentophile, encore libre, de l'ambocepteur. Il y aura donc fixation du complément sur l'ambocepteur et, par l'intermédiaire de celui-ci, sur l'antigène. Mais le complément, une fois rattaché à un antigène, peut exercer sur celui-ci ses propriétés zymotoxiques : sous leur influence l'antigène va se trouver détruit et pour ainsi dire digéré.

Voilà les principaux traits du processus d'immunisation d'après Ehrlich. Nous y retrouvons, sous une terminologie nouvelle, d'anciennes connaissances. D'abord l'alexine, base commune de la défense organique dans les sérums : elle est, pour Ehrlich, le facteur réel, quoique non spécifié par soi (1), de la cytolyse, et elle agirait à la manière d'un ferment. On comprend facilement pourquoi Ehrlich l'appelle « complément », et l'on saisit aussi pourquoi Metschnikoff emprunta pour elle au vocabulaire des enzymes le nom de « cytase » (2). Dans l'ambocepteur, qu'Ehrlich appelle aussi « fixateur » ou « corps intermédiaire », on reconnaît la sensibilisatrice de Bordet : c'est donc pour tous, jusqu'à un certain point du moins, l'élément intermédiaire et spécificateur de la cytolyse. Nous verrons plus loin comment il répond à la notion plus générale d'anticorps.

(1) Ehrlich admet pourtant, à l'inverse de Bordet, la pluralité des « compléments », non pas seulement d'espèce animale à espèce animale, mais, dans un même sérum, vis-à-vis de différents antigènes.

(2) Cf. Metchnikoff. *L'immunité dans les maladies infectieuses*. Paris, 1901.

Revenons maintenant au mémoire de Bordet, que nous avions abandonné un instant pour esquisser la théorie de Ehrlich. Bordet s'écarte de cette théorie sur plus d'un point. Il considère comme arbitraire la fixation directe de l'alexine sur un groupe « complémentophile » de l'ambocepteur : celui-ci serait bien plus un « mordant » qu'un « intermédiaire ». Aussi Bordet souligne-t-il, plus que Ehrlich, l'importance des propriétés spéciales de l'antigène, et cela, un peu aux dépens de la spécificité et de l'importance de l'élément « intermédiaire ». Il est très commode, pense-t-il, mais purement verbal, de rapporter toute la diversité des phénomènes à celle des anticorps (ambocepteurs ou sensibilisatrices). En réalité, l'antigène fixé à l'anticorps forme avec lui un *complexe* et c'est ce complexe, comme tel, qui détermine la nature de la réaction où il pourra être engagé dans un milieu donné. L'anticorps s'appelle « substance sensibilisatrice » quand le complexe formé par son association avec l'antigène est capable d'absorber l'alexine. La sensibilisatrice est spécificatrice en tant seulement qu'elle lie l'alexine à l'antigène : la cause véritable de la diversité des réactions, c'est moins la diversité des anticorps que celle des antigènes.

Réduire les rapports d'antigène, de sensibilisatrice et d'alexine à une *fixation mutuelle*, avec, pour résultat, la formation d'un « complexe », dont le sort dépendra à la fois de sa nature particulière et de la composition du milieu où il est plongé, c'est, étant donnée la qualité de colloïdes, que partagent toutes les substances ici en cause, ouvrir une porte toute grande à l'hypothèse d'une « adsorption » qui s'effectuerait entre elles. En effet, pourquoi chercher à expliquer par d'hypothétiques réactions chimiques ce qu'explique suffisamment le phénomène certain d'adsorption ? Aussi Bor-

det, et son collaborateur Gengou (1), considèrent-ils la fixation d'alexine comme une adsorption de colloïdes.

Avant d'insister sur ce point de vue plus récent, il sera bon de remarquer le parallélisme étroit des phénomènes d'*immunité antitoxique* avec ceux que nous venons de parcourir.

Les bactéries introduites dans l'organisme y exercent leur action nocive par l'intermédiaire des toxines qu'elles sécrètent. Or, l'organisme vivant n'est point armé seulement contre les microbes eux-mêmes, qu'il peut agglutiner et détruire, mais aussi, très directement, contre les toxines déversées par eux. Ce fut la gloire de Behring et de Roux d'avoir, en 1890, découvert l'immunité antitoxique contre la diphtérie. D'une manière générale, on reconnut que l'injection de poisons microbiens dans la circulation d'un animal peut y provoquer l'apparition d'antitoxines neutralisantes. Bientôt la notion d'immunité antitoxique s'étendit, au point de rejoindre, par un bout, la notion de l'immunité contre les petites masses albumineuses, figurées ou non. En effet l'on put constater la formation d'antitoxines, non seulement après injection de poisons microbiens, mais après injection de poisons végétaux, de venins, de toxines diverses et même de peptones : de là à rejoindre, par les albumines amorphes, les antigènes figurés (microbes et autres cellules), que nous rencontrâmes plus haut, il n'y a vraiment plus témérité.

Les « antitoxines » ont certes un air de parenté avec les « substances sensibilisatrices » ou les « ambocepteurs ». Elles sont, elles aussi, un produit caractéristique de la réaction de la matière vivante sur un

(1) Gengou O. *Contribution à l'étude de l'adhésion moléculaire et de son intervention dans divers phénomènes biologiques.* I, II. ARCH. INTERNAT. DE PHYSIOL, t. 7, 1908.

antigène, ici une toxine. Ce sont donc des anticorps, et des anticorps spécifiquement adaptés à l'antigène dont elles neutralisent les effets. On conçoit qu'Ehrlich leur ait attribué la même origine qu'à ses « ambocepteurs » : les antitoxines sont des chaînes latérales libérées par suite du phénomène de surcompensation dont nous avons parlé. Tant qu'elles demeurent rattachées à leur noyau central, elles constituent l'intermédiaire qui donne prise à la toxine sur les tissus : le « groupe haptophore » de la toxine se fixe sur la chaîne latérale et permet ainsi l'action destructive du « groupe toxophore » : les antitoxines sont alors de vrais, mais pernicieux « ambocepteurs ». Une fois mises en liberté dans les liquides organiques, elles deviennent au contraire un élément protecteur, car elles appréhendent au passage et vinculent solidement toute toxine qui passe à leur portée.

Cette hypothèse figurative d'Ehrlich répond à *deux faits* généralement admis : d'abord la puissance qu'a toute matière vivante de réagir, par la production d'anticorps, sur des envahisseurs chimiques; ensuite, l'effet inhibant de l'antitoxine sur la toxine, ou plus généralement de l'anticorps sur l'antigène.

Le premier fait appartient au chimisme intracellulaire. Il permettrait de jolies généralisations à qui s'abstiendrait de le trop préciser. Laissons-le, puisqu'aussi bien il n'entre qu'indirectement dans le cadre de ce chapitre.

Le second fait appelle des précisions. De quelle nature peut bien être cette action neutralisante de l'antitoxine sur la toxine ? Ehrlich, en vertu même de son hypothèse, en fait une combinaison chimique proprement dite, soumise à la loi des proportions définies. Ce n'est pas, à vrai dire, une action destructrice que l'antitoxine exercerait sur la toxine : car celle-ci peut réapparaître, avec toute sa toxicité, lorsqu'on fait

subir au mélange neutralisé un traitement approprié (1). C'est plutôt une sorte de réaction d'addition donnant un vrai composé chimique, inoffensif comme tel, mais dissociable dans certaines conditions.

Seulement, et les théories purement chimiques vont rencontrer ici, encore une fois, la série de pierres d'achoppement que nous avons vues échelonnées ailleurs, des dosages plus soignés montrent bien que les rapports quantitatifs de toxine et d'antitoxine en réaction ne sont pas aussi simples : ils obéissent non seulement à la loi de proportionnalité, mais à la loi des masses. L'état du système toxine-antitoxine est un équilibre : la saturation mutuelle n'est jamais complète. Arrhénius et Madsen (2) s'attachèrent à formuler ces réactions — comme aussi celles du système : antigène, ambocepteur et alexine — conformément aux lois classiques des équilibres physico-chimiques. L'image chimique la plus adéquate, d'après eux, à la réaction d'immunité serait la neutralisation d'un acide faible par une base faible.

Mais, ce point de vue d'Arrhénius, s'il réalise un progrès notable dans la théorie de l'immunité, ne suffit point à encadrer la souplesse capricieuse des faits : la réaction toxine-antitoxine présente des singularités que n'expliquent point les règles des équilibres. Ici — comme dans la dynamique générale des colloïdes, comme dans la dynamique des ferments — il faudra bien se résigner, non pas précisément à abandonner la méthode d'Arrhénius, mais à la compléter, en tenant plus grand compte de la nature colloïdale des toxines et antitoxines — ou, plus généralement, des antigènes

(1) Calmette, Ann. Inst. Pasteur, 1895. — Wassermann, Zschr. f. Hyg. Bd. 22, 1896, et autres.

(2) Arrhenius und Madsen, Zschr. f. physik. Chem. Bd. 44, 1903. — Arrhenius, Zschr. f. physik. Chem. Bd. 46, 1904, und : *Immunochemie*, Ergebn. der Physiol. VI, 1907.

et des anticorps, car le problème que nous traitons maintenant intéresse aussi bien l'immunité antibactérienne que l'immunité antitoxique (1).

L'union des antigènes et des anticorps — puisqu'ils sont colloïdes — doit être avant tout une *adsorption*, qui peut d'ailleurs être suivie d'autres réactions. C'est avec raison, semble-t-il, que l'on chercherait dans cette adsorption la cause des écarts apparemment capricieux de la cinétique des anticorps. Mais il faut éviter de demander à l'adsorption plus qu'elle ne peut donner : peut-être, à ce point de vue, la « théorie colloïdale » de Zangger (2), V. Henri (3) et d'autres fut-elle, au début, plus exigeante que de droit. Le tout de l'immunité ne s'expliquera vraisemblablement pas uniquement par des neutralisations de charges électriques et des variations de volume des agrégats colloïdaux. V. Henri et Girard-Maugin eux-mêmes firent des réserves sur la généralité de l'antagonisme électrique entre antigène et anticorps.

Pourtant, à côté d'une théorie colloïdale radicale, il reste place pour une *théorie colloïdale modérée* qui aurait sur les précédentes l'avantage de mettre tous les poids dans la balance. Il serait prématuré d'en risquer une esquisse conjecturale, même sommaire. Remarquons seulement que le fait premier dans l'action mutuelle d'antigène, d'anticorps et éventuellement

(1) En attendant la réalisation de ce desideratum, chacun campe sur ses positions. Arrhénius maintient le caractère chimique des processus d'agglutination et de précipitation (Hygiea, Festband 1908. D'après Biochem. Cbl., 1909). Michaelis répète que la cause principale de l'agglutination sont les variations de tension superficielle : *Ueber den Mechanismus der Agglutination*. Zschr. Chem. Ind. der Kolloïde. Bd. 4, 1909. D'autres, comme Pauli, W., insistent sur la portée biologique des variations de floculabilité de l'albumine par adsorption d'ions : *Kolloïd-chemische Studien am Eiweiss*. Ibid. Bd. 3, 1908.

(2) Zangger, H., *Die Immunitätsreaktionen als physikalische, speziell als Kolloïdphänomene*. Zschr. f. Immunitaetsforsch. Bd. 1, 1909.

(3) Henri, V., Semaine médic. 1907 (sept.) et C. R. Soc. Biol., 1903-1907. — A. Mayer, C. R. Soc. Biol., juillet 1907.

d'alexine, c'est-à-dire leur coaptation, porte les caractères d'une adsorption de colloïdes. Rien n'empêcherait que d'autres faits comme l' « immobilisation » paralysante des toxines, la coagulation ou la précipitation des antigènes albumineux, l'agglutination des bactéries ou des érythrocytes, ne soient de pures conséquences directes ou indirectes de cette adsorption. Irait-on même jusqu'à réduire, avec V. Henri, la distinction de la sensibilisatrice et de l'alexine à deux états différents de certains colloïdes du sérum ? Ce nous paraîtrait un peu osé. Par contre, nous ne voyons pas grande différence entre les effets des cytoagglutinines (que Nicolle (1) juxtapose, dans le sang immunisé, aux cytolysines) et ceux d'une adsorption normale de l'antigène et d'un colloïde flottant dans le plasma. Peut-être la « cytoagglutinine » ne représente-t-elle qu'une cytolysine adsorbée. Telle serait, croyons-nous, l'opinion de Bordet, qui répugne à multiplier sans nécessité les anticorps (2).

Une conception analogue du rôle de l'adsorption ressort aussi des travaux de Nolf sur la coagulation du sang (3). La destination du caillot de fibrine est, de soi, transitoire : la coagulation du fibrinogène n'est que le préliminaire normal de sa protéolyse, de sa « digestion » en albumoses et en peptones ; à vrai dire ce second acte se trouve souvent supprimé, par intervention d'influences empêchantes. Mais, alors que cette protéolyse subséquente est une action fermentaire proprement dite, la phase préalable de coagulation n'est, suivant l'expression de Nolf, qu'une « prise de contact entre plusieurs colloïdes, dont un doué d'activité enzy-

(1) Nicolle. *Une conception générale des anticorps.* Ann. Instit. Pasteur, t. 22, 1908.

(2) Sur le rôle de l'adsorption, voir aussi Jacqué L. et Zung E., *Recherches sur l'adsorption des toxines, des lysines et de leurs anticorps.* Arch. internat. de Physiol., t. 8, 1909.

(3) Nolf, P., Arch. internat. de Physiol. t. 4, 6, 7, 1906-1909.

matique » (1). L'adsorption est ici le déterminant immédiat de la coagulation, comme il semble qu'elle soit ailleurs le déterminant immédiat de la précipitation attribuée aux précipitines et le déterminant au moins médiat de l'agglutination dont on fait honneur aux agglutinines. Par ailleurs, coagulation, précipitation, agglutination seraient l'étape obligée vers la protéolyse destructrice, que celle-ci soit une catalyse fermentaire ou une réaction chimique directe.

Tout ceci peut jeter quelque clarté sur le mécanisme du genre d'immunité dont nous avons traité en premier lieu : mais l'immunité *antitoxique* rentre-t-elle bien dans ce cadre ? Oui, sauf que la fixation toxine-antitoxine, effet probable d'adsorption, ne se manifeste pas, comme la précipitation ou l'agglutination, par un phénomène de masse, et que cette fixation seule n'explique peut-être pas entièrement la suspension de toxicité ; il faudrait savoir dans quelle mesure s'exerce ici, par surcroît, aux dépens du « groupe toxophore » de la toxine, une action destructrice qui ferait le pendant de la protéolyse. Malgré ces lacunes de nos connaissances, le rapprochement que nous proposons est légitime ; et un fait achèvera de souligner cette légitimité : c'est que les toxines — de même que les cultures microbiennes — peuvent être atténuées, c'est-à-dire perdre en partie ou en totalité leur « groupement toxophore » source de leur nocivité, tout en conservant leur « groupement haptophore », condition de leur pouvoir immunisant. Ces toxines atténuées furent appelées des « toxoïdes » ; instinctivement on les rapprochera des « zymoïdes » déjà rencontrés : leur existence montre du moins que l'on peut, sans arbitraire, isoler, dans le processus complet d'immunisation antitoxique, une phase de *fixation d'anticorps sur anti-*

(1) Nolf, P., *La coagulation du sang*, Rev. gén. Sc. 1909, (20e année), n° 13, p. 600.

gène pour mettre cette fixation *en rapport avec la nature colloïdale* des substances en présence (1).

3° *Ferments et antigènes*

Nous pouvons maintenant aborder la question que se pose Oppenheimer : Les ferments sont-ils des antigènes ?

Il ne sera pas inutile de nous remémorer d'abord, dans un tableau succinct, les parallélismes apparents que nous venons de passer en revue ; nous en ferons ensuite une brève critique.

I. Corps introduit dans le milieu intérieur.
II. Paralysateur spécifique, immobilisant le corps n° I, par fixation.
III. Complément nécessaire à une action ultérieure sur le n° I.

	I	II	III
A. Réaction sur enzymes	Enzymes actifs ? (Kinases) (Zymoïdes)	Antienzymes ? (Antikinases) (Antienzymes)	?
B. Immunisation antibactérienne ou protéolytique	Antigènes : albumines figurées ou amorphes	Ambocepteurs (ou sensibilisatrices)	Alexine (ou complément) (? Ferments protéolytiques du sang)
C. Immunisation antitoxique	Toxines (Toxoïdes)	Antitoxines (Antitoxines)	?
D. Cas général	Antigènes	Anticorps	Groupe zymotoxique complémentaire

(1) Si la question était plus mûre, nous dirions un mot de l'*anaphylaxie*, qui fait actuellement tant parler d'elle et a défrayé déjà une très abondante littérature. Les faits se précisent et se classent ; malheureusement les explications théoriques vont en des sens si divers qu'elles ne sauraient ici nous apporter aucune lumière, rien que d'ingénieuses vraisemblances. Nous remettrons donc ce sujet à plus tard, espérant que les recherches sur l'anaphylaxie éclaireront par contre-coup la théorie des anticorps.

Ce tableau appelle quelques remarques :

1° La difficulté est grande de déceler à coup sûr une *antienzyme*, car l'effet paralysateur, même durable, que seul on constate directement, peut tenir à d'autres causes, par exemple à une saturation des « récepteurs zymophiles » de l'organisme par un inoffensif zymoïde. Pourtant, en poussant aussi loin que possible les réserves critiques, il est permis d'admettre, avec Oppenheimer, l'existence certaine d'antiferments proprement dits.

2° La colonne III représente l'agent d'une action destructive, ultérieure à la simple adsorption — ou autre fixation — de l'antigène par l'anticorps. Cette action est fort semblable, sinon identique, à une catalyse fermentaire (1). Dans les cas bien observés, c'est une protéolyse. Nous laisserons, à ce propos, deux questions absolument sans réponse : d'abord celle de savoir si, ou du moins si parfois, l'anticorps colloïdal — agent de l'adsorption — n'est pas lui-même l'agent protéolytique ; ensuite, si le pendant de cette catalyse protéolytique existe dans la neutralisation des toxines par les antitoxines. La stricte spécificité des antitoxines porterait à croire qu'une réaction chimique accompagne chez elles l'adsorption ; et il semblerait bien, en outre, que le « groupement toxophore » de la toxine fixée s'atténue ou se détruit, au moins après quelque temps : sous quelles influences ? Nous laisserons subsister ce point d'interrogation.

3° On pourrait se demander s'il est possible de ramener au schématisme esquissé ci-dessus l'action des *enzymes sur leur substrat*. Dans le système : *proen-*

(1) Le parallélisme entre enzyme et complément irait très loin *si l'on pouvait accepter comme des faits établis* la formation d'un anticomplément lorsqu'on injecte le complément, qui fait alors fonction d'antigène, et la transformation du complément en un « complémentoïde » par atténuation de son groupement zymotoxique, le groupement haptophore étant conservé. Ce complémentoïde serait très voisin des fermentoïdes et des toxoïdes.

zyme + kinase + substrat, l'antigène, s'il existe, ne peut être, directement ou indirectement, que le substrat. Nous devrions donc, dans le tableau ci-dessus, ranger comme suit les trois éléments : I. Substrat (antigène) ; II. Kinase (anticorps) ; III. Zymogène (complément). Si ce rapprochement entre l'action fermentaire et la défense humorale de l'organisme contre des antigènes peut avoir un sens, ce sera approximativement celui-ci : Le ferment doit être considéré *sous deux aspects* : premièrement, comme un antigène proprement dit, présent normalement ou injecté dans un organisme, lequel réagit sur lui pour s'en défendre ou simplement s'en débarrasser : cette réaction s'exerce par production d'antiferment ; c'est le cas mentionné dans le tableau ; — secondement, dans ce même organisme, le ferment qui y est sécrété peut être considéré comme l'instrument de la réaction de l'organisme sur des matériaux étrangers, réaction du même ordre que celle qui s'exerce sur les matières protéiques quelconques introduites dans le sang : en effet, l'*antigène*, de part et d'autre, est représenté par la substance introduite ; de part et d'autre aussi, la *réaction* est au moins inchoativement une *digestion*, qui n'a pas nécessairement un rôle défensif ; l'*agent de cette digestion* est dans un cas l'alexine du sérum, laquelle n'est peut-être qu'un ensemble de zymogènes protéolytiques, et dans l'autre cas un zymogène quelconque présent soit dans les tissus, soit dans les liquides organiques ; *la condition préalable* d'activité de l'alexine comme du zymogène serait la fixation de cet agent sur le substrat, soit par l'intermédiaire d'un ambocepteur ou d'une kinase, soit plus directement sous l'influence de certaines conditions du milieu (présence d'électrolytes, etc.). D'après le point de vue considéré, le ferment serait donc antigène ou complément : antigène quand il s'attaque à une substance vivante qui se défend, complément quand activé par

par une kinase il fait sa proie d'un substrat inerme ou désarmé.

Avouons-le, cette schématisation nous paraît, en ce qui concerne la kinase, fort hasardée. En effet, si la kinase est un activateur du zymogène ou un sensibilisateur du substrat (ce qui revient au même dans le cas présent), elle n'est pas cependant l'élément spécificateur de la réaction, à l'inverse de ce que semble être l'ambocepteur. Et la réaction zymotique n'est pas non plus spécifiée par le complexe : substrat + kinase, à la façon dont, selon Bordet, la réaction immunisante serait spécifiée par le complexe : antigène + sensibilisatrice. Ici, la réaction est spécifiée, *dès avant l'entrée en scène de la kinase*, par la diversité spécifique des zymogènes, du complément donc. C'est du moins ce qu'il est permis de conclure des recherches de Bayliss et Starling sur la spécificité des sucs de sécrétine. L'adaptation spécifique des sucs pancréatiques se fait, d'après eux, dans la glande même, donc dans le zymogène, sous l'influence de ce substitut du substrat alimentaire que sont les sécrétines (1). Le terrain de comparaison de la kinase avec l'ambocepteur se restreint donc à la bande étroite que représente le rôle d'« intermédiaire indispensable » ou de « mordant » tenu par les deux. Est-ce assez pour faire des ferments, activés par une kinase, des « Antigene zweiter Ordnung » (2), constitués par l'association d'un ambocepteur et d'un complément ? Oppenheimer y incline, quoique avec force réserves. Celles qu'il formule reposent surtout sur l'incompatibilité de l'assimilation : kinase-ambocepteur avec l'opinion — discutable encore, mais tout de même fortement motivée — de

(1) La théorie des sécrétines de Bayliss, vivement attaquée par Popielski (1908-1909), trouve une confirmation formelle dans le mémoire de E. Zunz. *A propos du mode d'action de la sécrétine sur la sécrétion pancréatique.* Archiv. internat. Physiol., t. 8, 1909.

(2) Oppenheimer, *Die Fermente*, usw. I, p. 130.

Bayliss et Starling, qui, nous l'avons vu précédemment, envisagent l'action de l'entérokinase comme une catalyse véritable transformant le trypsinogène en trypsine active. Devant de pareilles divergences, notre conclusion à nous ne peut être qu'une expectative prudente.

Les enzymes sont-elles donc, oui ou non, des antigènes ? Deux caractères semblent essentiels à la notion d'antigène : (1°) faculté de liaison plus ou moins spécifique à une substance qui (2°) présente les propriétés des anticorps. A l'encontre de Oppenheimer, nous serions porté à attacher plus d'importance au second caractère qu'au premier, qui ressemble bien fort à une propriété banale de colloïdes adsorbés. Les enzymes seront donc des antigènes si réellement elles peuvent provoquer la formation d'anticorps, d'antienzymes. Et il paraît bien qu'il en est ainsi pour un certain nombre d'entre elles. On peut mesurer, par le détail des pages précédentes, la portée exacte de cette affirmation modeste.

Conclusion générale. — Si nous avions prétendu tracer une esquisse d'ensemble des réactions qui se développent dans les liquides organiques, notre tâche ne pourrait se borner ici. Nous devrions creuser davantage l'analogie, si douteuse à la fois et si obsédante, entre les premières phases de l'activité zymotique et celles de la réaction d'immunité : peut-être une analyse plus fine permettrait-elle, non pas d'établir ce parallélisme un peu fruste que nous avons presque écarté tantôt, mais d'harmoniser plus complètement les deux processus dans l'unité d'un point de vue d'ensemble. Nous ne pouvons songer à tenter ici cette aventure, si périlleuse pour le sens de stricte objectivité auquel nous nous efforçames de subordonner chaque développement de cet article. Nous devrions aussi ne pas omettre une analyse au moins sommaire

du mode d'action des sécrétines et des autres « hormones » de Bayliss, ces substances excitatrices dont l'activité, puissante à petite dose, fait songer à quelque chose d'intermédiaire entre les ferments et les toxines; mais notre point de vue restreint nous interdit ce terrain nouveau, puisque tout indique que l'action de la sécrétine — et sans doute des autres hormones — est une combinaison chimique proprement dite (1).

Nous ne pénètrerons donc pas plus avant dans l'enchevêtrement magnifique des réactions silencieuses qui s'entrecroisent à ce plan de l'être vivant, où l'on sent partout palpiter la vie sans parvenir cependant à isoler une seule de ses manifestations de la continuité nécessaire avec l'ambiance inorganique. Il nous suffira d'avoir entrevu le rôle qui revient, dans l'étude du métabolisme de l'être vivant, à la chimie des colloïdes. Notre précédent article eut pour but de faire saisir le principe même des singularités de l'état colloïdal, et de montrer les contre-coups généraux de celles-ci sur la biologie de la nutrition. Les problèmes biotrophiques les plus fondamentaux doivent, pour devenir pleinement intelligibles, subir une transposition dont la clef est dans les propriétés de l'état colloïdal. Notre second article dégagea les maîtresses lignes de deux des principaux aspects que présente aujourd'hui l'étude du métabolisme organique : le mode d'action des enzymes et le mécanisme de l'immunité; et ici, encore une fois, nous avons pu constater que le développement naturel de ces lignes directrices les faisait converger vers un problème de colloïdes.

Tout ce que nous avons dit nous paraissait nécessaire pour bien marquer la légitimité, le point précis d'in-

(1) Dixon W. E. and Hamill P. *The mode of action of specific substances, with special reference to secretin.* Journ. of Physiol. Vol. 38, 1909.

sertion, la portée générale et les limitations naturelles des théories colloïdales. Mais, nous tenons à le répéter, le contenu de ces articles ne dépasse pas le niveau de la très modeste vulgarisation : il peut orienter l'esprit et faciliter d'autres lectures : il ne saurait à aucun titre suggérer des solutions concrètes ou faire la base de déductions spéculatives. Notre intitulé général n'est pas superflu : il excusera, auprès d'un lecteur attentif, certaines lacunes, parfois volontaires, des pages qu'il introduit.

J. Maréchal, S. J.

LES MONTS, LES BOIS ET LES EAUX

La Revue des Questions scientifiques avait donné jadis une série d'études sur la torrentialité dans les montagnes, sur les travaux de défense entrepris pour en combattre l'action dévastatrice (1), et finalement sur les différents modes employés en France pour recouvrir de végétation soit forestière, soit herbacée, suivant les climats et les altitudes, les versants arides ou dénudés (2). Près de trente ans se sont écoulés, et le travail de restauration des montagnes est encore peu avancé. Plusieurs catastrophes ont sévi depuis lors : inondations dans les bas pays, destructions d'habitations ou de groupes d'habitations par éboulements en montagne, parfois avec mort d'hommes. L'opinion s'est émue. D'autre part, la pénurie croissante des bois de construction et d'industrie l'a inquiétée, et la hausse des prix dans cette nature de marchandise a incité les grands propriétaires forestiers à abattre leurs futaies exploitables, souvent même celles, moins âgées, qui eussent pu et dû attendre. Nouvelle source de souci dans le public qui, poussant les choses à l'extrême, a envisagé avec angoisse la « déforestation » de la France.

L'influence bienfaisante des bois sur la conservation des sources, et sur la régularisation du régime des cours

(1) *Montagnes et torrents*, t. XI, janvier et avril 1882 ; t. XII, juillet 1882 ; t. XIV, octobre 1883.

(2) *Reboisements et repeuplements*, t. XVI, juillet et octobre 1884 ; t. XX, juillet 1886.

d'eau navigables comme sur l'adoucissement des climats, voire l'esthétique du paysage ont aussi pénétré les esprits. De là cette floraison de sociétés diverses et en grand nombre ayant toutes pour objet les forêts, les arbres, les eaux (1), en vue de promouvoir la conservation des forêts existantes, la plantation des arbres dans les squares, au bord des routes, un peu partout, le boisement des terres incultes tant en plaines et coteaux qu'en montagnes, se combinant sur celles-ci avec la restauration et la réglementation des pâturages. Il n'est pas jusqu'à nombre d'écoles primaires qui ne se constituent en écoles forestières enfantines, établissant et entretenant des pépinières et effectuant des plantations sur des terrains communaux.

I

THÈSES EXTRÊMES

Il était à peu près impossible que ce mouvement d'opinion, sain et salutaire en soi, n'entraînât pas quelqu'exagération. De là cette angoisse non toujours justifiée du public ; de là cette clameur, parfois irraisonnée, qui s'entend de tous côtés : « Reboisement, reboisement ! » Comme si cette vaste opération, assurément excellente par elle-même et profitable à de nombreux points de vue, était d'ailleurs une panacée. Or elle ne l'est pas ; et nous avons exposé jadis, dans des articles rappelés tout à l'heure, comment certaines grandes inondations, liées souvent au phénomène de la lente démolition des montagnes, tiennent à des causes générales, supérieures à tous les moyens d'action de l'homme. Voir aussi, sur ce dernier point, l'article du

(1) Voir, dans la REVUE DES QUEST. SCIENT. de juillet 1909, t. XVI de la 3e série, p. 321, l'énumération de ces nombreuses sociétés.

regretté A. de Lapparent sur *Les inondations*, dans le présent recueil, 1re série, t. IV (juillet 1878).

Il n'en est pas moins vrai que, dans un grand nombre de cas, un revêtement végétal bien constitué des montagnes, soit en peuplements forestiers, soit en épais gazonnements, peut atténuer fortement les dégâts causés par les inondations, soit même quelquefois prévenir celles-ci.

Mais, comme une exagération en entraîne presque toujours une autre en sens inverse, il s'est trouvé des écrivains, les uns pour nier l'utilité des reboisements tant en montagne qu'en plaine, la situation pastorale et forestière étant, d'après eux, superlativement satisfaisante, d'autres pour soutenir cette assertion étrange que, loin d'atténuer ou d'empêcher le fléau des inondations, la forêt le favorise et l'aggrave.

L'argument de ces derniers n'est pas de première force. Il consiste à dire que le vent peut déraciner les arbres bordant le lit des torrents, les renverser en travers de ceux-ci en formant des barrages naturels derrière lesquels s'amoncellent les eaux et les matériaux; un moment venant où la poussée est plus forte que la résistance du barrage, celui-ci est emporté, et toute la masse accumulée derrière lui se précipite avec bien plus de furie que si elle se fût écoulée sans obstacle (1).

Il est facile de répondre que le fait signalé n'est qu'une rare exception, qu'il ne se produit guère au sein des massifs pleins, mais plutôt sur des groupes d'arbres isolés dans des clairières ou hors forêt. L'argument n'a guère plus de valeur que celui par lequel on condam-

(1) Voir, dans la Revue mensuelle du Touring-Club de France, un article où M. Henri Defert cite et réfute ce sophisme, n° du 15-20 juillet 1910. — Voir aussi, dans le Journal des Débats, du 25 juin, un article dans le même sens de M. Paul Descombes, fondateur et président de l'Association pour l'Aménagement des Montagnes.

nerait l'usage des chemins de fer, ou des automobiles à cause des accidents possibles.

Plus spécieuse est la considération des grandes inondations qui se produisent quelquefois dans des pays où les montagnes sont très boisées, et où les ravages dans celles-ci sont comparables à ceux que nous avons eu à déplorer à plusieurs reprises en France, dans nos trop peu boisées Alpes et Pyrénées. On a fait état, dans un grand journal de Paris, de catastrophes de ce genre qui, durant l'hiver de l'année ultra-pluvieuse que nous venons de traverser, auraient désolé « la Suède, le Tyrol, les pays du Rhin, la Belgique, la Transylvanie, la Serbie, l'Arménie » ; où, en de nombreuses localités, « maisons, usines, ponts ont été emportés, les cultures détruites, le sol raviné et décapé.... de nombreuses vies humaines perdues » ; et *si les premières statistiques ne sont pas exagérées*, ajoute prudemment le rédacteur du journal, « c'est à plusieurs centaines que s'élève le nombre des victimes de ces nouvelles inondations ».

Il est très probable qu'il y avait en effet une large part d'exagérations dans les premières nouvelles auxquelles l'auteur de l'article fait allusion, part à laquelle il semblerait d'ailleurs peu disposé à ajouter foi. Il expose d'autre part la cause de ces terribles inondations, par une explication digne de M. de la Palisse : « Quelle a été la cause, dit-il, de ce cataclysme calamiteux ? Tout simplement des pluies diluviennes. »

Il est clair que s'il n'avait pas plu, les torrents n'auraient pas grossi, que s'ils n'avaient pas grossi ils n'auraient pas produit de catastrophes et n'auraient pas encombré et fait déborder les rivières.

Mais là n'est pas la question. Elle serait de savoir si les effets des pluies continues, souvent véritables cataractes, qui ont sévi sur une grande partie de l'Europe, n'auraient pas été cent fois plus considérables sur des montagnes nues et arides, et, par suite, dans les val-

lées et les plaines, que sur les montagnes richement boisées qu'elles ont envahies.

Nulle personne sensée, au moins parmi les hommes compétents, n'a jamais prétendu que le boisement des montagnes fût un préservatif infaillible des inondations, pas plus que le paratonnerre n'est une garantie absolue contre la foudre, ni la vaccine une immunité indéfinie à l'égard de la variole.

Il peut y avoir, et il se produit à certaines époques, des phénomènes météorologiques d'une intensité telle qu'ils dominent de leur puissance toutes les autres forces de la nature, même secondées par la direction de l'homme ; et pas plus que l'action de celles-là, les ouvrages de celui-ci, ponts, digues, éperons et barrages, ne sauraient résister à leur impétuosité, heureusement exceptionnelle.

Le rédacteur de journal auquel nous faisons allusion prenant exemple dans les Alpes suisses, dont la topographie nous est plus connue en France que celle de la Suède ou de la Serbie, explique très bien comment a procédé la marche du fléau. Les Alpes helvétiques forment une sorte de massive et abrupte muraille d'orientation sud-ouest à nord-est. Les vents qui viennent du sud, rencontrant cet obstacle, s'élèvent jusque par delà les sommets pour poursuivre leur course ; mais en montant ils ont diminué de densité, se sont refroidis et ont laissé tomber le long du chemin parcouru toute l'eau qu'ils tenaient en dissolution ou sous forme de nuages. C'est ainsi que les versants exposés au nord-ouest reçoivent plus d'eau que les autres et constituent habituellement la région particulièrement pluvieuse de la Suisse. A l'ordinaire, le phénomène se passe en douceur, peut-on dire ; l'écrivain le reconnaît du reste, car il ajoute : « Ce qui est anormal, c'est l'*ampleur* et l'*intensité* de cette manifestation météoro-

logique », qui d'ailleurs s'est étendue bien au delà de son théâtre ordinaire.

Habemus confitentem reum ! Les « manifestations météorologiques » ont été cette fois d'une intensité extraordinaire, par des nuées qui ont « déchargé partout de véritables trombes ». Donc rien d'étonnant à ce qu'elles aient causé des dégâts exceptionnels et que les moyens ordinaires de préservation ou d'atténuation ont été impuissants à conjurer.

Pour que la considération invoquée eût quelque valeur, il faudrait établir que les pays à montagnes abondamment boisées qui ont été, en l'année 1910, victimes des orages et des inondations, l'ont été, antérieurement, aussi souvent et avec autant de violence que dans les contrées moins favorisées sous ce rapport.

Or, c'est ce que l'on n'a pas fait ; et il est fort douteux qu'on le fasse jamais, car une enquête impartiale entreprise sur ce sujet amènerait plutôt, selon toute apparence, à constater le contraire.

Des savants autrichiens auraient, de leur côté, émis la même opinion, se fondant sans doute sur les travaux publiés il y a quelque trente ans par le célèbre ingénieur Belgrand, travaux d'ailleurs d'une haute valeur, sur l'hydrologie du bassin de la Seine, mais où l'illustre savant s'est trompé sur un point, ayant conclu trop vite du particulier au général. Il avait mesuré les volumes d'eau débités par deux ruisseaux, la Grenetière et le Bouchat, affluents de la petite rivière du Cousin qui se jette dans la Cure, elle-même affluent de l'Yonne, et avait constaté que le ruisseau coulant entre deux versants entièrement couverts de taillis aurait fourni autant d'eau que l'autre qui coulait entre deux versants, boisés seulement sur le tiers de leur superficie. De ce fait minuscule l'illustre ingénieur avait, par une induction vraiment peu justifiée, conclu que par-

tout et en toutes circonstances, les terrains boisés, au moins en bois feuillus, sont sans influence sur l'écoulement des eaux.

D'ailleurs, distraction étonnante pour un géologue aussi éminent, il n'avait pas tenu compte de la nature des terrains. Or, il a été fait remarquer que le bassin du ruisseau de Grenetière boisé seulement sur un tiers de sa superficie, repose sur un sol granitique peu perméable, tandis que le ruisseau du Bouchat, qui descend entre des versants boisés partout, coule sur des terrains du lias, beaucoup plus perméables (1).

Les savants autrichiens ont fait des observations analogues sur deux torrents qui se jettent dans un affluent de la rive gauche du Danube, et dont les bassins sont très inégalement boisés ; ils ont conclu comme le grand ingénieur français, mais, comme lui, ils ne paraissent pas s'être préoccupés de rechercher la nature des terrains supportant chacun des deux torrents. D'ailleurs leurs calculs, établis à l'aide de quelques pluviomètres, ne présentent que peu de garanties, vu la très grande variabilité des pluies d'un point à l'autre, surtout en temps d'orage ; « les nuages se comportent autrement à Montsouris qu'à Montmartre, au bois de Vincennes qu'au bois de Boulogne (2). » Ce qui signifie que, pour qu'un calcul fondé sur des observations pluviométriques dans des bassins de cours d'eau présente des garanties sérieuses, il faudrait que le nombre des pluviomètres observés fût considérable, ce qui ne paraît pas avoir été le cas.

(1) Revue du Touring-Club de France, mars 1910, p. 108. H. D.
(2) Ibid., mars 1908, p. 104, Onésime Reclus.

II

OBJECTIONS TECHNIQUES ET RÉFUTATION

Un phénomène qui n'est point banal, dans la lutte entre partisans et adversaires du reboisement et de la sauvegarde des forêts existantes, c'est la rencontre parmi ces derniers, d'un professionnel du métier, et non des moindres, car il avoisine les sommets de la hiérarchie administrative.

C'est la grave et solennelle Revue à couverture saumon qui, le 1er juillet dernier, a inséré ce plaidoyer d'un haut forestier non pas *pro domo*, mais bien *contra domum* (1).

Sa première attaque est contre le reboisement et la restauration des pâturages en montagne. Ce n'est pas qu'il conteste l'action, pour la régularisation du régime des eaux, de la végétation et surtout de celle des arbres réunis en massifs ; au contraire, il en expose le mécanisme d'une manière aussi claire que précise. Mais il pose d'abord un principe — contestable — à savoir qu'il est impossible dans nos climats de créer une végétation forestière suffisante à une altitude atteignant ou dépassant 1800 à 2000 mètres dans nos départements alpestres et pyrénéens, et même 1500 mètres dans les Cévennes et le Massif central. Il pose ensuite un fait que, sur plus de quatre millions d'hectares que couvrent nos Alpes françaises, plus de 300 000 hectares dépassent ces cotes, et au moins 100 000 dans les Pyrénées.

On peut et l'on doit répondre d'abord que le plus grand nombre des versants montagneux, dont le reboisement serait utile ou nécessaire, occupent des

(1) Cf. *Boisements, forêts et pâturages de montagnes*, par M. Briot, in REVUE DES DEUX MONDES. M. Briot est Conservateur des eaux et forêts.

altitudes inférieures à 2000 mètres ; que là où la rigueur du climat de haute montagne ne permet pas le reboisement, il reste les pâturages qu'il est urgent de ne pas abandonner indéfiniment à une exploitation pastorale illimitée et abusive, mais au contraire d'améliorer et d'aménager proportionnellement à la quantité de têtes de bétail qu'ils peuvent nourrir. Il est vrai que le rédacteur de la Revue en question a, sur ce dernier point, une manière de voir particulière, que nous examinerons plus loin.

Auparavant, revenons sur les 300 000 hectares alpestres et les 100 000 hectares pyrénéens d'altitudes supérieures à 1800 ou 2000 mètres. D'abord ces étendues demanderaient à être établies avec preuve à l'appui. Énoncer des chiffres sans les justifier est facile, sans doute il est moins aisé d'en fournir la preuve. D'ailleurs nous possédons des données qui ne concordent guère avec les chiffres globaux qu'on invoque. Un forestier de haute valeur, dont tous les amis des forêts déplorent la perte récente, M. le Conservateur Broilliard, cite les deux départements des Hautes et Basses Alpes, dont l'étendue totale est de 1 263 151 hectares (1). Sur ce nombre, 212 697 hectares sont soumis au régime forestier, et 114 371 hectares sont occupés par les bois des particuliers. Le total de ces deux sommes retranché de l'étendue entière des deux départements, il reste 936 093 hectares de terrains découverts dont plus des deux tiers, soit plus de 600 000 hectares, sont à l'état de pâturages, landes et rochers appartenant, pour la plus grande partie, aux communes.

L'auteur que nous combattons s'appuyant sur les 300 000 et 100 000 hectares qu'il suppose rebelles à

(1) 564 311 hectares pour les Hautes Alpes et 698 540 hectares pour les Basses Alpes, (voir l'ANNUAIRE, pour 1911, du Bureau des longitudes). Cf. *Le reboisement des montagnes*, par Ch. Broilliard, dans le BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ DES AMIS DES ARBRES, n° de janvier-mars 1909.

toute végétation forestière, affirme que si l'on ajoute à ces étendues dénudées « les superficies rocheuses, sableuses et pierreuses, on voit que les deux tiers au moins des terrains dépourvus de végétation échappent à notre empire. »

Or il se trouve que non pas sur la totalité de nos sept départements alpestres, mais sur celle de deux d'entre eux seulement (qui n'en représentent pas le tiers), nous trouvons déjà plus de 600 000 hectares de terrains non recouverts de végétation arborescente. La proportion de rochers vifs est relativement peu importante, et quant aux sols de sable et de pierraille, notre honorable contradicteur ne doit pas ignorer qu'on peut leur faire supporter une végétation inférieure préparatoire, à l'abri de laquelle on fera naître quelques années plus tard de jeunes peuplements forestiers.

En admettant, ce qui est très probable, que nos deux départements des Hautes et Basses Alpes soient les plus mal traités, au point de vue des sols découverts et peu ou insuffisamment productifs, de tout le groupe alpestre, nous ne sommes pas sans doute en droit de tripler la superficie découverte et non cultivée, reconnue dans ces deux départements. Mais nous pouvons la doubler sans crainte d'être sensiblement au-dessus de la vérité. Nous aurions donc, dans nos seules Alpes françaises, plus de 1 200 000 hectares sinon dépourvus de toute végétation, du moins à l'état de pâturages plus ou moins en bon état, de landes et autres terrains vagues.

Nous voilà loin des pauvres 300 000 hectares dont « les deux tiers au moins échappent à notre empire » (1).

(1) D'un travail publié par M. le Conservateur des forêts du Guiny, alors qu'il était attaché comme sous-inspecteur à la conservation forestière de Grenoble, et publié dans la REVUE DES EAUX ET FORÊTS de 1865, sous le titre d'*Exploitation des pâturages dans les Alpes*, il résulte ceci : L'espace occupé par une sorte de quasi parallélogramme, compris entre le cours du Rhône, la Méditerranée, et une ligne idéale joignant Nice à l'extrémité orientale du Léman, et comprenant les Savoies, le Dauphiné, l'Avignonnais, la Provence et

Il est de toute vraisemblance que les conditions se présenteraient identiques dans la chaîne des Pyrénées, plus ou moins analogues dans les Cévennes et le Massif central. Sans doute une partie de ces vastes surfaces occupe des altitudes où la végétation vraiment forestière est empêchée par la rigueur du climat. Cependant l'épicéa affronte aisément 2000 mètres ; le mélèze, le cembro, le pin de montagne, le genévrier commun, quelques autres végétaux ligneux encore végètent sans trop de peine entre 2000 et 2500 mètres.

L'argumentation de notre savant contradicteur, fondée sur la trop faible étendue des terrains qui échapperaient à notre empire, pèche donc par la base.

III

QUESTIONS D'ORDRE ÉCONOMIQUE

Contre les opérations de reboisement en montagne, M. Briot fournit plusieurs objections, dont l'une d'abord est d'ordre économique. Il évalue à 720 millions le produit du bétail de toute catégorie dans les Alpes, les Cévennes, le Massif central et les Pyrénées ; et supposant que la moitié de ce bétail se nourrit durant un

l'ancien comté de Nice, — couvrirait approximativement, en nombre rond, 56 000 kilomètres carrés dont 17 600 appartenant à la plaine ; en sorte qu'il resterait, pour la partie montagneuse : 38 400 kilomètres carrés ou 3 840 000 hectares. Sur cette étendue 1 460 000 hectares sont affectés aux terres, prairies artificielles et prairies naturelles ; il reste 2 380 000 hectares se répartissant ainsi : bois et forêts : 950 000 hectares ; roches, glaciers et altitudes supérieures à la limite de végétation forestière : 280 000 hectares, et enfin 1 150 000 hectares de pâturages. — Ce dernier chiffre correspond, à 50 000 hectares près, à celui que nous obtenons par induction en nous fondant sur les chiffres relevés par M. Broilliard dans les deux départements des Hautes et Basses Alpes, estimés à bon droit les plus maltraités de la région. Il est vrai que, depuis 1865, il a été opéré des reboisements dont la surface doit être enlevée à celle des pâturages ; mais quelle qu'en soit l'étendue elle laisse une marge bien supérieure aux restrictions invoquées par notre honorable contradicteur.

minimum (inférieur à la réalité) de trois mois en montagne, il en déduit un produit annuel de 90 millions au bas mot. Produit infiniment supérieur, suivant lui, aux dommages annuels moyens des inondations attribuées à l'état des montagnes, dommages qu'il n'estime pas devoir s'élever à plus de 2 millions.

Il n'y aurait donc aucun intérêt à supprimer le pâturage au profit, fût-elle possible, de l'extinction des inondations.

Observons d'abord qu'il n'est nullement question de supprimer le pâturage, mais bien de l'améliorer et de le réglementer comme on l'a dit plus haut, et que par conséquent les 90 millions auxquels est évalué le produit de l'industrie pastorale ne seront pas tous perdus ; ils peuvent même être conservés intégralement tout en réduisant le nombre des moutons. M. Briot, dans ses évaluations, comprend ensemble les espèces bovines, ovines et caprines. Mais, si l'on néglige les chèvres, heureusement en nombre relativement faible, les moutons sont proportionnellement beaucoup plus nombreux que les bœufs, veaux et vaches, même en admettant la proportion de 10 ovidés pour un bovidé. Or, ce sont les premiers et non les seconds qui ruinent le sol qu'ils parcourent.

Ensuite, le grand dommage causé aux montagnes pastorales provient moins des moutons indigènes que des moutons transhumants, venus chaque été des plaines de la Crau ou du Piémont dans les Pyrénées et les Alpes, en bandes innombrables sans aucun rapport avec la production du sol. Et le revenu donné par les moutons transhumants est de 1,25 fr. par tête, tandis que le produit du mouton indigène en laine, lait, engrais, viande, est de 4 francs (1).

Il y aurait donc intérêt à supprimer non par le pâtu-

(1) Cf. *Exploitation du pâturage dans les Alpes*, par M. du Guiny.

rage en montagne, ce à quoi personne ne pense, mais bien la transhumance, ou tout au moins à la réglementer rigoureusement.

D'autre part, le pacage des bêtes bovines est plus productif que celui des moutons. Mille moutons à 4 francs représentent un revenu de 4000 fr. Or 143 têtes bovines consomment la même quantité de nourriture que 1000 moutons, et rapportent en lait, beurre, fromage et viande, 5800 fr. Dans le cas où le village possède une *fruitière*, c'est-à-dire une fabrique de fromage de Gruyère, ce revenu peut s'élever à 8000 francs (1).

Il y aurait donc tout intérêt à substituer, partout où les circonstances locales le permettent, le gros bétail aux moutons. L'espèce bovine a, en outre, sur l'espèce ovine ce grand avantage qu'elle n'épuise pas le sol comme le mouton. Mettez quinze vaches sur une superficie n'en pouvant nourrir que dix, le sol n'en pâtira pas, mais ce sont les vaches qui seront insuffisamment nourries. En sorte que nul n'aura intérêt à mettre sur un terrain donné plus de vaches qu'il n'en peut entretenir. Avec les moutons c'est tout le contraire : ils trouvent toujours à se nourrir, mais aux dépens du fonds.

De tout cela il est permis de conclure que la réduction du nombre de têtes par la suppression de la transhumance étant compensée par l'amélioration des pâturages et la substitution dans une juste mesure des bêtes bovines aux moutons, cette réduction se pourrait réaliser sans aucune diminution du produit de ces bestiaux.

L'objection d'ordre économique ne semble donc pas fondée qui est opposée à l'aménagement des montagnes par l'amélioration des pâturages et le reboisement des parties où ceux-ci seraient nuls ou insuffisamment productifs.

(1) du Guiny, *loc. cit.*

Mais on va plus loin et l'on soutient que les dégâts causés par les crues d'eau et les inondations sont sinon insignifiants, du moins relativement minimes et hors de toute proportion, quoi qu'il en soit, avec les descriptions pessimistes qui en ont été données. Pour le démontrer, notre auteur part d'une citation... anonyme.

« Nous lisons ceci », écrit-il sans dire où, chez quel auteur il lit :

« La Loire et la Garonne ont causé ensemble, de 1759 à 1909, 30 inondations ayant coûté 100 millions chacune. La Garonne, en 1875, a détruit 6000 à 8000 maisons. Les versants de la Maurienne glissent avec une vitesse de 3 à 18 mètres par an sur des milliers d'hectares, etc. » Il y a comme cela près d'une demi-page d'exposés de ravages produits par les infiltrations et les inondations dans les vallées de l'Isère, du Drac, de la Durance, et se terminant par cette affirmation que dans nos seules Alpes de France 200 000 hectares seraient exposés aux ravages des crues d'eau violentes.

Comme la source de ces renseignements n'est pas indiquée, aucun contrôle n'est possible. Il se peut que l'auteur inconnu, où sont puisées ces indications, ait enflé les chiffres et noirci le tableau, mais on n'a aucun moyen de le vérifier. Toujours est-il que l'ennemi des reboisements procède, pour réfuter la thèse, par simple insinuation. Il fait ressortir ce qui est, à ses yeux, l'invraisemblance de telles assertions, n'admettant pas que les habitants des bassins de la Loire et de la Garonne aient pu supporter, en cent cinquante ans, une perte de 3 milliards. Le développement de ces fleuves et de leurs principaux affluents étant, toujours d'après l'auteur, de 6000 kilomètres, les habitants de ces régions auraient donc subi une perte annuelle moyenne de 3333 fr. 33 c. par kilomètre et par an, ce qui lui paraît être d'une invraisemblance équivalente à la fausseté.

Présenté sous cette forme, l'argument ne laisse pas

d'être spécieux, et une perte de 3333 fr. 33 c. par kilomètre et par an semble au premier abord bien invraisemblable. Mais si l'on réfléchit que les deux bassins de la Garonne (Dordogne comprise) et de la Loire, avec ceux de tous leurs affluents, représentent bien près de la moitié de la France, ce chiffre fantastique perd beaucoup de son invraisemblance. Trente inondations ayant produit chacune cent millions de dégâts, nous donnent trois milliards qui, divisés par 150 ans, représentent une moyenne de 20 millions par an : or la population de la France entière étant en nombre rond de 40 millions d'âmes, si nous en prenions la moitié pour celle des deux grands bassins susdits, nous arriverions à une perte annuelle de 1 fr. par habitant. Mettons que la proportion soit trop forte et que nos deux grands bassins ne contiennent que les deux cinquièmes, un tiers si l'on veut, de la population totale ; la perte se trouverait alors être de 1 fr. 25 ou 1 fr. 50 par habitant. Sans doute cette perte ne se répartit pas avec pareille uniformité : telles individualités, telles familles auront perdu beaucoup plus et d'autres n'auront pas souffert, et d'ailleurs nous ne raisonnons que sur des moyennes. Mais enfin ce chiffre effrayant de 3333 fr. 33 c. par kilomètre et par an, ne s'en réduit pas moins à 1 fr. 25 ou 1 fr. 50 par habitant, ce qui fait disparaître l'extrême invraisemblance sur laquelle s'appuyait notre estimable contradicteur. Et par suite, ce dont il se faisait un argument pour sa thèse en devient un pour la nôtre ; car la part faite à l'exagération — si exagération il y a, — il reste toujours un ensemble de désastres suffisant pour justifier les plaintes de ceux qui ne croient pas que tout est pour le mieux en matière de moyens de préservation contre le danger des eaux.

IV

PRÉTENDUE INNOCUITÉ RELATIVE
OPTIMISME INJUSTIFIÉ

Un autre ordre de considérations est invoqué pour démontrer la prétendue innocuité relative des éboulements causés sur les versants de montagne insuffisamment protégés par la végétation. Vu le travail considérable qu'il serait nécessaire d'entreprendre pour arriver à fixer rigoureusement les dommages causés par les inondations générales, on se retranche sur « les petites catastrophes locales », qu'il est « aisé de chiffrer exactement. » Et l'on cite cinq ou six de ces catastrophes locales parmi lesquelles nous retiendrons principalement celle d'Ouzous (1) dans les Hautes Pyrénées, arrivée le 17 décembre 1906. Voici la description qui en est faite, à l'encontre de racontages sur une prétendue avalanche de neige ayant causé pour un million de dégâts, et produite sur l'emplacement d'une forêt brûlée jadis par les habitants : « L'événement est arrivé à 10 h. 40 du matin par un très beau soleil ; seulement il avait plu torrentiellement les quatre nuits et les quatre jours précédents, 120 000 mètres cubes de terres détrempées se détachèrent d'un coup de la rive droite de l'Arter et, en une minute, engloutirent à fond trois maisons avec leur bétail et, hélas ! neuf personnes. Les pertes en argent n'ont pas dépassé 62 000 francs. Quant à la forêt brûlée par les habitants, elle n'a jamais existé. »

Sans aucun doute, l'auteur, en réagissant contre des exagérations de journalistes, se sera tenu dans les limites

(1) Plus exactement de Salles et d'Ouzous, car d'après M. de Roquette-Buisson, que nous citons plus loin, la catastrophe aurait atteint ces deux villages.

d'une réalité soigneusement contrôlée. Cependant, réduite à ces termes, la catastrophe d'Ouzous présente, certes, assez de gravité pour venir à l'appui de l'utilité sinon de la nécessité du boisement. S'il n'a jamais existé de forêt (?) au-dessus des villages de Salles et d'Ouzous, il est permis de penser que s'il en eût existé une, plantée de bon sapins pectinés bien pivotants, le glissement des 120 000 mètres cubes de terre n'eût pas été provoqué par les quatre jours et quatre nuits de pluies ; le sol spongieux de la forêt et le feuillage des sapins eût retenu, ou renvoyé dans l'atmosphère, une grande partie de l'eau tombée.

Voici d'ailleurs, sur le même fait, une autre version, due celle-ci, non plus à des journalistes, mais à une plume autorisée, celle de M. le comte de Roquette-Buisson, ancien préfet et membre de l'Association centrale pour l'Aménagement des Montagnes.

En janvier 1895, à l'endroit même où s'est produit l'éboulement de décembre 1906, une avalanche avait détruit deux granges avec les animaux qu'elles renfermaient. Quelques arbres et broussailles qui avaient résisté à l'avalanche ne furent malheureusement pas conservés, laissant ainsi le champ libre à l'éboulement de 1895 qui en eût pu être atténué (1). M. de Roquette-Buisson ajoute : « On avait constaté que, mêlées avec les terres qui, en 1906, ont détruit à Ouzous de nombreuses maisons, se trouvaient de grosses souches d'arbres, ce qui expliquait pourquoi le village avait été autrefois épargné ; cela n'empêcha pas, quinze jours après la catastrophe de 1895, de brûler, au-dessus de Salles et d'Ouzous, les arbres et broussailles qui subsistaient encore. »

(1) Cf. *La question forestière dans la zone montagneuse des Pyrénées.* Tarbes, Imp. Georges Vimard. — Le même auteur avait publié antérieurement sur *Les déboisement des Pyrénées*, une forte brochure abondamment documentée, et qui se trouve être, en ce qui concerne cette chaîne de montagnes, une réfutation anticipée de la thèse que nous combattons ici.

C'est visiblement le brûlement de ces broussailles qui aura donné lieu à la légende de la *forêt* brûlée par les habitants. Mais le fait d'une forêt ayant existé antérieurement au-dessus des villages de Salles et d'Ouzous se trouve confirmé par la présence de vieilles souches d'arbres dans les matériaux écroulés en 1906.

Cet exemple paraît suffisamment caractéristique. Il montre comment, tout en dégageant les faits des exagérations aggravantes avec lesquelles ils ont pu être rapportés, on peut, dans l'intérêt d'une cause, tomber inconsciemment dans une exagération contraire, c'est-à-dire atténuante. Que le volume des matériaux entraînés contre les maisons n'ait été que de 120 000 mètres cubes au lieu des 400 000 (1) qui avaient été d'abord énoncés; que surtout la somme des dommages, évaluée avec une évidente exagération à un million, n'ait été que de 62 000 francs, somme encore considérable pour de pauvres montagnards, il n'en ressort pas moins qu'un premier éboulement paraît avoir été atténué, en 1895, par la présence de quelques arbres et de broussailles, et que, près de douze ans plus tard, un nouvel éboulement auquel nulle trace d'obstacle n'était plus opposée, a causé des ravages plus considérables que le premier.

Il est de toute probabilité que si, par une enquête sérieuse et impartiale, étaient étudiées toutes les circonstances qui ont accompagné et précédé les cinq autres sinistres locaux dont on vante l'innocuité relative, on y trouverait des correctifs qui, de même que pour celle d'Ouzous, rétabliraient la réalité de la situation en montrant que le déboisement — ou le non-boisement si l'on préfère — a une part plus ou moins

(1) Cf. Rev. des Quest. scient. de juillet 1907, T. XII de la 3e série, p. 328, art. *Sylviculture. Résultat d'un déboisement.*

grande dans les causes de chacune de ces catastrophes (1).

On peut en dire autant de l'argumentation par laquelle l'auteur, s'appuyant sur des racontages visiblement excessifs, et dont le plus souvent il n'indique par la source, en tire cette conclusion, non moins excessive à l'opposite, que tout est pour le mieux partout, qu'il n'y a eu nulle part de déboisements de quelqu'importance et que les Alpes comme les Pyrénées et toutes les montagnes insuffisamment boisées, ne l'ont jamais été davantage qu'aujourd'hui.

Comme notre auteur n'indique pas à quelles sources il a puisé les données d'une exagération évidente qu'il réfute sans peine, il est difficile de le suivre pas à pas sur ces divers cas particuliers. Mais à l'affirmation générale de non-déboisement, l'on peut opposer tout au moins des exemples partiels du contraire. Le Touring-Club nous apprend (juillet 1910) que, dans la haute Maurienne (Savoie), la surface boisée a diminué de 4436 hectares en un siècle ; qu'en Dordogne, les massifs de chênes et de châtaigniers qui couvraient 313 736 hectares en l'an XII (1802), n'en couvrent plus aujourd'hui que 255 778, soit une diminution de 58 000 hectares en un siècle (exactement 57 958). En Aveyron, d'après un travail de M. Paul Buffant, inspecteur des forêts, sur les forêts du Rouergue, la perte, depuis le commencement du siècle dernier, serait de 14 000 hectares.

De son côté le très regretté Charles Broilliard, qui avait fait une étude spéciale des deux départements

(1) Ces sinistres locaux ont eu lieu dans les Alpes, aux localités de Sainte-Foy, Meyronnes, Grezy-sur-Isère, Bozel et des Fournaux. Il a été question de ce dernier dans le CORRESPONDANT, du 10 août 1907, p. 571 *(Déboisement et reboisement)*, ainsi que de celui de Barèges dans les Pyrénées (février 1907), dont notre auteur ne parle pas.

des Hautes et Basses Alpes, disait en mars 1909, dans le BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ FRANÇAISE DES AMIS DES ARBRES, que, sur 327 000 hectares de forêts tant communales que particulières et de périmètres de reboisement, il y a six à sept cent mille hectares de pâturages, landes et rochers appartenant presque tous aux communes et dont plus de 300 000 devraient, au point de vue des eaux, du sol et du climat, être reboisés. Et d'après cet éminent forestier, ce reboisement pourrait se faire sans frais et de lui-même par le seul fait, non pas de la suppression mais d'une sage réglementation des pâturages. Les graines tombant des arbres, des forêts actuellement existantes suffiraient à la tâche.

En ce qui concerne les Pyrénées, M. le comte de Roquette-Buisson, ancien préfet, ancien trésorier-payeur général et, comme nous l'avons dit, membre de l'Association pour l'Aménagement des Montagnes, a, dans une brochure très documentée (1), retracé l'historique des dévastations subies, principalement à partir de l'an 1599 jusqu'à la fin du XIXe siècle (1897 ?). Une période de calme, de tranquillité forestière, au moins relative, s'était réalisée du commencement du XIIIe (1212), jusqu'à la fin du XVIe siècle ; or, dans cette période de 387 ans, près de quatre siècles, il y a eu seulement neuf inondations, espacées moyennement entre elles de 48 à 49 ans : 1212, 1281, 1310, 1413, 1423, 1436, 1515, 1537, 1599. Ensuite, de 1599 à 1897 — et l'auteur décrit, avec détails et preuves à l'appui, les ravages et les dévastations dont les forêts pyrénéennes ont été victimes durant ces trois siècles — on a compté 21 inondations (2), espacées entre elles de 14 ans en moyenne. Ce rapprochement n'est-il pas significatif ?

(1) *Le déboisement des Pyrénées*, cité plus haut.

(2) Les dates des inondations signalées sont les suivantes : 1613, 1636, 1649, 1653, 1667, 1678, 1727, 1743, 1750, 1759, 1770, 1771, 1772, 1790, 1810, 1814, 1827, 1835, 1856, 1875 et 1897.

Plus loin, à l'appui de ce paradoxe que la situation forestière en France est, à peu près partout, en état parfaitement normal et satisfaisant, on invoque la différence de constitution géologique des sols. Si les Vosges, le Morvan, les Maures et l'Esterel, la Corse sont très boisés, c'est que ces contrées reposent sur des terrains cristallins et granitiques ; si les crêtes et les versants du Jura sont également couverts d'opulentes forêts, ils le doivent aux calcaires à gros éléments dont ils sont formés. Les régions des Alpes, où l'on ne trouve que peu ou point de forêts, sont composées des calcaires dolomitiques et compacts du trias, des calcaires blancs et durs de l'urgonien, des marnes noires de l'oxfordien, etc. ; de là l'absence de végétation arborescente. Pourquoi, observe-t-on, en Haute-Savoie, des bords est du Léman à la pointe sud du lac d'Annecy, une végétation « insurpassable » tant au point de vue des forêts qu'à celui des pâturages ? c'est parce que cette région est un épanouissement du Flysch, « le plus fertile des sédiments alpins ».

Continuant cette énumération, l'auteur trouve sur tous les points de la France, en plaine comme en montagne, la justification de sa théorie.

Il est indéniable que la constitution minéralogique des terrains a une influence sur la végétation, comme aussi l'altitude. Mais de là à cette affirmation tranchée que la situation forestière d'une région est fonction de ces deux éléments et d'eux seuls, il y a fort loin. La flore d'une contrée, c'est élémentaire, varie avec les altitudes, aussi bien pour les végétaux ligneux que pour les plantes herbacées et intermédiaires. Sous une même latitude, la composition des essences d'une forêt sera toute différente à 1300 ou 1500 mètres de ce qu'elle sera au niveau de la mer ; et à même altitude elle différera, bien que d'une manière moins sensible, suivant que le sol sera à base de silice, d'argile ou de

calcaire. Mais partout où existe une couche de terre végétale, si mince soit-elle, les arbres savent s'implanter sur elle.

L'aridité de certains terrains a pu faciliter le déboisement d'un trop grand nombre de crêtes et de versants. Il n'en est pas moins constant qu'ils ont été boisés autrefois. Tous les auteurs qui ont approfondi la question, depuis Jules César, Ammien Marcellin, Pline l'ancien, etc, (1), jusqu'à Alfred Maury, sans parler des auteurs contemporains (2), sont d'accord pour reconnaître que le territoire de la France a été autrefois incomparablement plus boisé qu'il ne l'est aujourd'hui. Les forêts de la Gaule et de l'ancienne France s'étendaient aussi bien sur les calcaires dolomitiques du trias, les durs calcaires de l'urgonien, les marnes oxfordiennes et les dalles du crétacé supérieur, que sur les terrains cristallins, granitiques, schistes lustrés et flysch.

Tout cet étalage d'érudition géologique est de nature à jeter de la poudre aux yeux, mais ne saurait prévaloir contre le fait; et le fait historiquement établi, c'est que l'ancienne Gaule n'était, sur plus de moitié de son territoire, qu'une vaste forêt (3); le fait, c'est qu'à

(1) *Histoire des grandes forêts de la Gaule et de l'ancienne France*, 1850. Paris, Leleux.

(2) Montalembert, *Les moines d'Occident*, t. II, liv. VIII. *Les moines dans les forêts*. — Alexandre Surell et Ernest Cézanne, *Étude sur les torrents des Alpes*, 2e édition, 1870; Paris, Dunod. — Charles de Ribbe, *La Provence au point de vue des bois, des torrents et des inondations*, 1857 ; Paris, Guillaumin. — G. Huffel, *Économie forestière*, t. I, 4me Étude, chap. II ; t. III, 9me Étude, chap. I à IV, 1904 et 1907 ; Paris, Lucien Laveur. — Ch. Broilliard, nombreux articles dans diverses revues, etc.

(3) La forêt, aux temps gaulois, « couvrait les deux tiers du territoire, forêt qui semblait farouche au voyageur et presqu'impraticable à l'envahisseur, mais qui abritait, à côté de vastes réserves de gibier, une nombreuse population humaine. » (Lanzac de Laborie, analysant, dans le CORRESPONDANT du 25 septembre 1910, l'*Histoire de la Gaule* de M. Clle Jullian, de l'Institut.) Ajoutons que M. le Conservateur des Eaux et Forêts Briot, voulant prouver que la France n'était pas plus boisée il y a deux ou trois siècles qu'aujourd'hui, fait état des recherches auxquelles il s'est livré sur la carte de

la suite des invasions des premiers siècles de notre ère, nombre de terres défrichées et cultivées sous le régime gallo-romain, retournèrent spontanément à l'état de forêt, et quelques-unes le sont encore (1). Ce qui prouve, soit dit en passant, que la formation géologique et l'altitude ne sont pas les seuls facteurs de la végétation forestière ou rurale.

V

LE PATURAGE, LA HOUILLE BLANCHE

Sur la question des pâturages, notre honorable contradicteur n'est pas moins optimiste que sur celle des reboisements et des forêts existantes. A ses yeux, la plupart de nos hauts pâturages sont en bon état, et s'ils sont encore quelque peu perfectibles, ils s'acheminent

Cassini. Or cette carte est notoirement incomplète en ce qui concerne les masses boisées. M. Paul Descombes, fondateur et président de l'Association centrale pour l'Aménagement des Montagnes (de l'A. C. A. M., pour employer le jargon à la mode du jour), et très familier avec la région girondine de Blaye, qu'il a parcourue dans tous les sens, me fournit les renseignements suivants :

Des bois très étendus qui existent de temps immémorial aux lieux dits : Le Roc (Cne de St-Thomas de Conac), La Brousse (Cne de St-Martial de Mirambeau), La Tenaille et Château-Dampierre (Cne de Plassac) ne figurent pas sur la carte de Cassini. N'y figurent que comme boqueteaux insignifiants de vastes surfaces boisées, déjà bien diminuées depuis une cinquantaine d'années par suite de défrichements et de l'extension des vignobles, mais dont un reliquat subsiste encore aujourd'hui aux environs des villages aux noms caractéristiques de Saint-Disant-*du-Bois* et de Saint-Hilaire-*des-Bois*.

D'autre part aucune des nombreuses *garennes*, qui avoisinent les habitations, ne figure sur la carte, où l'on paraît s'être moins préoccupé d'une représentation forestière exacte que de ne pas surcharger l'ensemble afin d'en conserver la netteté.

L'autorité de Cassini est donc de peu de valeur quant à la proportion des bois et forêts sur le sol français.

(1) Cf. Alf. Maury, Ch. de Montalembert, G. Huffel, ouvrages cités. — Voir aussi, dans ce recueil, *La forêt gauloise, franque et française*, liv. d'octobre 1906, t. X de la 3e série.

à grands pas vers un mieux qui représente sans doute, dans la pensée de leur apologiste, la perfection.

Retiré du service depuis vingt-trois ans, l'auteur des présentes pages n'est pas en état d'opposer *de visu* une contradiction immédiate à ce tableau enchanteur. Mais enfin, ce n'est pas en vingt ans, ni même en quarante, qu'une situation telle que nous avons pu la constater jadis dans les Hautes-Alpes comme dans les Pyrénées ariègeoises, peut passer de l'extrême désolation à l'état florissant qu'on nous dépeint. Bien plus, des hommes qui rapportent toute leur intelligence et tout leur dévouement à la cause, toute d'initiative privée, de l'aménagement des montagnes ; qui y afferment de vastes étendues pour les soustraire au fléau de la transhumance et par là les régénérer, ces hommes voient les choses sous un aspect absolument différent. Les résultats vraiment remarquables obtenus par les Associations pour l'aménagement des Montagnes, dans les Pyrénées sous la direction de M. Paul Descombes, dans les Alpes sous celle de MM. le Commandant Audebrand et le Cte de Montal, contrastent d'une manière éclatante avec les pâturages voisins, plus ou moins désherbés, piétinés, ravinés par la voracité insatiable des moutons transhumants : ces transhumants qui sont la principale cause du mal dont tant de voix se plaignent et que cependant notre auteur estime nécessaires !

La réduction, dans une équitable mesure, du pâturage *ovin*, entraînerait-elle « une augmentation énorme du prix de la viande, de la laine et du lait, un accroissement considérable de l'émigration dans une foule de villages, une perturbation générale profonde, etc. » ? Nous croyons précisément le contraire, en nous appuyant sur ce seul fait que la dépopulation des pays de montagne, comme en font foi les statistiques, a suivi

une marche parallèle aux déboisements et à la dégradation des pâturages (1).

Nous n'insisterons pas sur une considération, à nos yeux peu sérieuse, touchant la *houille blanche,* c'est-à-dire les cascades et chutes d'eau génératrices de force. L'abondance des forêts sur les crêtes et les transversants, nous dit-on, diminuerait, bien loin de les accroître, les chutes d'eau, attendu qu'elles proviennent des glaciers, et que les forêts au contraire retiennent en partie l'eau qu'elles reçoivent de ces mêmes glaciers,

Il y a là une équivoque.

En avançant que les forêts de montagne favorisent les chutes d'eau, nul ne prétend que ces dernières tirent leur première origine du sol boisé. Mais on soutient avec raison que, les eaux venues des glaciers étant retenues en partie par celui-ci, les forêts régularisent leur cours, les rendent moins abondantes sans doute au moment de la fonte des neiges et des grandes pluies, mais pour en réserver une partie qui alimentera ces mêmes chutes d'eau durant les époques de sécheresse. S'écoulant sur des pentes nues, les eaux des glaciers et des neiges se précipiteront brusquement en cascades richement abondantes et partant superbes, il est vrai, mais qui seront bientôt à sec quand viendront les chaleurs. Au lieu que rencontrant sur leur passage un sol onctueux, chargé d'humus, de mousses, de débris végétaux en décomposition, elles y seront partiellement retenues : les cascades, moins luxueuses au printemps, ne seront plus taries en été ou réduites à des filets insignifiants.

(1) Cf. Demontzey, Inspecteur général des forêts, *Traité pratique du reboisement des montagnes.* 1892, Imprimerie nationale et J. Rotschild, éditeur. Voir aussi, Comte de Roquette-Buisson, cité plus haut.

VI

LOIS EN PRÉPARATION. RANDONNÉE TRIOMPHALE. CONCLUSION

Partant de ces données que le boisement des montagnes n'a que peu d'influence — s'il en a une — contre les inondations; que le domaine forestier de la France est suffisant tel qu'il est; que nos montagnes pastorales, bien qu'encore perfectibles, sont néanmoins dans un état florissant; l'écrivain que nous apprécions est logique en combattant les lois en préparation, déjà votées à la Chambre des députés et pendantes devant le Sénat. Elles ont pour but intentionnel, mais n'auraient pas toujours pour effet réel, de promouvoir et d'encourager le plus possible la conservation et l'accroissement du sol forestier ainsi que l'amélioration des pâturages communaux en montagne.

Il s'agirait du boisement par l'État et par voie d'expropriation de tous les bassins de réception des torrents ; de la soumission des pâturages appartenant aux communes à un régime analogue au régime forestier ; de la soumission, *facultative* de part et d'autre, des forêts privées au régime forestier ; de l'ingérence de l'État, en certains cas, dans l'aménagement de ces mêmes forêts ; de l'interdiction absolue des coupes blanches ou rases ; de l'autorisation donnée aux Sociétés et Associations diverses et aux caisses d'Épargne, d'affecter des capitaux leur appartenant à des acquisitions de forêts ou de terrains à boiser.

Tous ces projets, notre auteur les repousse avec une égale décision. Il y a cependant, parmi les dispositions prévues, des mesures heureuses. La gestion des pâturages communaux en montagne par le service forestier ne rencontre guère d'objection sérieuse que dans le

côté budgétaire de la question. La soumission *facultative* des bois particuliers à un régime forestier qui n'impliquerait l'imposition d'aucun aménagement, ne soulèverait pas de difficulté grave en principe, sauf les questions de détail : enfin la faculté accordée aux Sociétés et Associations privées d'affecter des capitaux leur appartenant à des acquisitions de forêts ou de terrains à reboiser, ne peut que rencontrer l'approbation à tous les points de vue.

Il n'en va pas de même, par exemple, de l'intrusion obligatoire de l'État dans l'aménagement et la possibilité des bois particuliers, qui serait une atteinte non justifiée au droit de propriété. Devra être également combattue et repoussée l'interdiction de la coupe blanche qui est un cas prévu en sylviculture et a sa raison d'être culturale en plusieurs circonstances (1).

Il eût été désirable que le rédacteur de la REVUE DES DEUX MONDES eût fait une distinction entre les diverses dispositions contenues dans les projets de loi soumis au Sénat. Les repousser tous en bloc n'indiquerait pas une étude suffisamment approfondie de leurs dispositions. Il est vrai, comme nous le faisions remarquer tout à l'heure, que l'auteur est ainsi dans la logique de la position qu'il a prise. Étant donné, à ses yeux, que tout est, sinon tout à fait pour le mieux, du moins tout près du mieux possible dans la situation forestière et pastorale, les projets de loi présentés n'ont plus de raison d'être.

En cet état, notre honorable contradicteur estime que le crédit de 3 500 000 fr. affecté chaque année au ser-

(1) Pour ne pas allonger trop cet article, nous ne discuterons pas ici les dispositions en projet, ayant déjà, au surplus, fait ce travail ailleurs. — Voir dans le BULLETIN TRIMESTRIEL de septembre 1910 de la Société forestière de Franche-Comté et Belfort, la bibliographie des *Cours de droit forestier*, tome II, dernier fascicule, de M. Ch. Guyot, ancien directeur de l'École forestière de Nancy. — Voir aussi notre article du CORRESPONDANT sur la même question, livraison du 25 octobre 1910.

vice du reboisement est très largement suffisant pour faire face à tous les besoins. Un million seulement à son gré serait employé en boisements proprement dits. Un autre million servirait à des acquisitions de terrains et subventions aux communes et aux particuliers. Sur les 1 500 000 francs restants, 800 000 serviraient à fonder une caisse d'État en vue de secourir les victimes des inondations, et les autres 700 000 seraient employés à améliorer le sort des gardes forestiers.

Appuyé sur ce départ et estimant que les craintes manifestées par l'opinion publique dans la question forestière et pastorale proviennent « d'une énorme erreur de géographie », notre auteur voudrait qu'une commission extra-parlementaire fît un voyage d'étude dont il trace magnifiquement d'ailleurs l'itinéraire. On commencerait par la Savoie, dont on visiterait les torrents, les pâturages, les beaux sites, les reboisements effectués ou en cours ; de là on passerait dans les Alpes dauphinoises et provençales, on constaterait sur tous les points les excellentes conditions où se présentent ces montagnes ; on descendrait dans la Crau pour constater la nécessité de la transhumance pour les moutons qu'entretient cette presqu'île et l'excellent esprit (l'auteur dit « la bonne éducation »), la grande aptitude des bergers qui les gardent. On passerait de là dans l'Hérault, dans l'Aveyron, dans la Lozère. Entre le pittoresque pont de Garabit et Saint-Flour, on admirerait d'immenses prés-bois que paissent veaux, vaches et moutons, donnant l'exemple du pâturage concilié avec la forêt ; on parcourrait tous les sites forestiers et pastoraux du Cantal, du Lot, de la Corrèze avec leurs châtaigneraies qui, bien loin de se dépeupler comme on le dit à tort, se régénèrent au contraire par des plantations en lignes régulières. Du Massif central, on se rendrait dans les Pyrénées où l'on ne trouverait

partout que forêts épaisses, plantureuses, surmontées de pâturages toujours en bon état. Ensuite on parcourrait les Landes et les collines du Périgord où l'on constaterait les heureuses initiatives des particuliers propriétaires de bois ; et l'on finirait par la Haute Loire où l'on admirerait les sapinières jardinées de Tence et de la Chaise-Dieu.

Tel est le tableau ravissant qu'on trouverait en suivant l'itinéraire proposé par un optimisme qui voit beau et bien partout. Il est inévitable que dans une aussi vaste exploration à travers Alpes, montagnes du centre, Landes et Pyrénées, on rencontre souvent de belles forêts, voire parfois des portions de montagnes pastorales en bon état. Grâce à Dieu, la moitié méridionale de la France au sud du 47e parallèle, n'est pas encore entièrement dépourvue de bois et d'herbages. Mais supposer, que dans cette gigantesque randonnée, on ne trouvera pas de boqueteaux délabrés, pas de pâturages dégradés, point de friches incultes, c'est pousser le tableau beaucoup trop au brillant, à l'encontre de ceux qui peut-être le poussent trop au noir.

La vérité est entre ces deux excès.

On ne saurait accepter cette conclusion qui, d'un optimisme extrême descend à ce pessimisme quasi-fataliste, consistant à admettre que l'homme ne peut rien, ne peut exercer aucune influence sur les eaux des montagnes, et que la tâche qui lui incombe est non pas de prévenir et d'atténuer les désastres, mais seulement de s'y résigner et d'en indemniser les victimes.

Un tel abandon de soi-même jurerait avec ce qui reste de noble et de généreux dans la nature humaine. L'homme est fait pour la lutte, et ce n'est qu'en luttant précisément contre les forces de la nature qu'il a réalisé les immenses progrès dont se targue, non sans quelque raison, la civilisation contemporaine.

C. de Kirwan.

P. S. Le présent article était écrit et les épreuves en étaient corrigées, lorsque nous avons eu connaissance d'un travail écrit dans le même esprit, bien qu'à un point de vue différent, dans la REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES PURES ET APPLIQUÉES. N° du 15 novembre 1910. Librairie Armand Colin, à Paris.

Ce travail, dû à M. Paul Buffault, inspecteur des eaux et forêts en activité, et se référant à de nombreux documents français et étrangers, est intitulé : LA FORÊT ET LES INONDATIONS. L'auteur y combat des assertions avancées par certains auteurs non pas systématiquement hostiles à toute influence importante des forêts, mais contestant leur action sur le régime des eaux.

Il y établit la différence du mode d'action des sols boisés sur les terrains qu'ils recouvrent, suivant que ceux-ci sont perméables ou imperméables, différence qui devient insensible lorsque, après des pluies d'une intensité exceptionnelle, les terrains perméables finissent par être sursaturés d'eau comme les autres.

Dans un périodique, LA GÉOGRAPHIE, M. Ch. Rabot, s'appuyant sur des rapports présentés par MM. Lauda, Keller et Wolfschütz, à un récent Congrès tenu à Milan, combat les théories aujourd'hui admises touchant l'influence des forêts sur les cours d'eau et sur les sources. A quoi M. Paul Buffault répond que les conclusions de M. Rabot ne sont pas comprises dans les prémisses résultant des dits rapports, et de plus qu'il a passé sous silence un autre rapport, celui-là de M. Lokhtine, entièrement favorable à l'action des forêts sur les eaux. Cette action est du reste complexe, et M. Buffault en expose et discute les divers éléments ; il reconnaît trois facteurs des crues des cours d'eau : 1° les précipitations atmosphériques exceptionnellement intenses ; 2° la composition géologique du sous-sol, et 3° la disposition topographique des terrains d'écoulement, états de choses qu'on ne peut changer, mais dont on peut modifier utilement les effets.

La conclusion générale, après plausible discussion, du travail de M. Buffault, est que la présence des forêts a une influence favorable sur l'alimentation des sources et sur le débit des cours d'eau.

C'est, comme on le voit, une partie importante de la vaste question de l'influence des forêts qui a été traitée là avec compétence et autorité.

C. DE K.

LE FRÈRE ALEXIS-MARIE G.

L'excellent et savant collègue que la Société scientifique vient de perdre, est mort à Grand-Bigard, près de Bruxelles, le 10 novembre dernier. Il était né à Tamines, dans la Province de Namur, le 1er janvier 1835. C'est dans sa terre natale qu'il repose, au sein d'une population laborieuse dont sa famille, profondément chrétienne et éminemment bienfaisante, a conquis dès longtemps le respect, l'affection et la reconnaissance.

Jean-Baptiste Gochet fit de sérieuses études chez les Frères des Écoles chrétiennes, à Malonne, et les fit bien. Rentré dans sa famille sans la moindre velléité de s'en séparer, il s'occupa, avec ses frères, d'agriculture et de la direction de la brasserie établie à Tamines, vers 1700, par un de ses ancêtres et devenue, entre les mains de ses aïeux et de son père, une des plus importantes du pays (1).

L'avenir s'ouvrait devant lui plein de promesses : sa fortune patrimoniale ne le garantissait pas seulement contre les risques de la vie, elle lui assurait une aisance plus qu'abondante; le monde lui souriait, et il ne dédaignait pas de répondre à ses avances, mais il fut tôt désabusé.

A vingt-trois ans, l'attrait du sacrifice l'emportait,

(1) *Le R. Frère Alexis-Marie G.*, Souvenirs intimes dédiés à ses anciens élèves et à ses amis, Paliseul 1909; extrait de la REVUE DE CARLSBOURG, 1909. Nous empruntons à cette notice la plupart des renseignements biographiques qui vont suivre.

en son cœur généreux, sur celui du plaisir. Il se souvint de Malonne et des exemples qu'il y avait eus sous les yeux : l'éducation chrétienne et l'instruction de la jeunesse, des humbles surtout, lui apparurent comme le but idéal à donner à son activité : il alla s'offrir à ses anciens maîtres.

Le 8 octobre 1858, Jean-Baptiste Gochet entrait au noviciat de la Rue Oudinot, à Paris. Un mois plus tard, il revêtait l'habit de Saint Jean-Baptiste de la Salle et prenait le nom de Frère Alexis-Marie, qui allait devenir si populaire dans nos écoles et si estimé dans le monde de l'enseignement.

Ce premier séjour en France fut de très courte durée. La santé du novice, un instant ébranlée, parut réclamer l'air natal : c'est à Namur qu'il vint achever cette première année de vie religieuse.

Au mois de septembre 1859, nous le trouvons à l'École normale de Carlsbourg où, à l'ouverture de l'année scolaire, il est chargé d'enseigner la Géographie et, bientôt après, les sciences naturelles et l'agriculture.

L'enseignement de la Géographie dans nos écoles, au moment où le F. Alexis recevait la mission de le donner à nos futurs instituteurs, avait détestable réputation : les maîtres le jugeaient sans importance et les élèves le déclaraient insupportable. L'explication est aisée : cet enseignement était mal donné, ce qui le rendait à la fois inutile et ennuyeux.

La Géographie régionale descriptive n'avait pas seulement perdu tout contact avec la Géographie générale, elle se limitait, le plus souvent, à ce qu'il y a en elle de moins vivant et de plus abstrait. Les cartes appendues aux murs, se bornaient à figurer les divisions politiques, l'hydrographie et, par des pâtés de hachures, ce que l'on prétendait être le relief, l'orographie des

pays représentés. Les manuels à courte vue étaient au niveau des cartes : ils juxtaposaient d'invariables et insipides clichés, ou se perdaient dans des descriptions d'une aridité rebutante et d'interminables nomenclatures flanquées de chiffres, qui imposaient aux élèves, la veille des concours, la plus ingrate et la moins utile des leçons de mémoire.

Des germes féconds de régénération et de progrès avaient cependant été déposés dans les ouvrages de Humboldt (1766-1859) et dans l'œuvre pédagogique de Ritter (1779-1859) ; mais ils attendaient pour éclore des circonstances favorables. Elles se présentèrent pendant le dernier tiers du XIXe siècle, au début et au cours même de la carrière géographique du F. Alexis.

Cette période est, en effet, caractérisée par une extension considérable de nos connaissances géographiques et le progrès des sciences connexes ; par le renouvellement et l'achèvement de l'image grandiose de la surface du globe qui attire enfin et retient l'attention jusque-là indifférente du grand public ; par la création d'instruments de travail d'une valeur inestimable ; par l'éveil des idées et le concours des multiples efforts qui feront de la Géographie ce que le F. Alexis appelle « une science encyclopédique », relevant de toutes les sciences physiques et naturelles, leur prêtant son concours, et offrant ses services à l'histoire, au commerce, à l'industrie, aux sciences sociales et économiques.

C'est l'époque où les perfectionnements des moyens de transport aident à la poussée coloniale de tous les États européens. S'il n'y a plus de nouveaux mondes à découvrir, l'intérieur d'immenses continents attend des explorateurs : ils surgissent de toutes parts. Les uns marchent à la conquête de l'Afrique mystérieuse : le Soudan, le Sahara, les régions du Haut Nil, du Congo, du Zambèse sont envahies. D'autres abordent les grandes chaînes de l'Asie centrale. En Amérique,

les bassins fermés, les gorges fantastiques, les plateaux désolés des Montagnes Rocheuses nous sont révélés par les précurseurs du *Geological Survey* qui poursuivra et complètera leur œuvre. Les croisières scientifiques se multiplient : celles-ci font l'assaut des Pôles, celles-là sillonnent les océans et sondent leurs abîmes; le relevé des reliefs immergés, la distribution des températures au sein des mers, le tracé des grands courants qui entraînent les masses océaniques, leur influence sur le climat sont autant de conquêtes nouvelles.

L'imprévu des résultats, la nouveauté grandiose des faits physiques mis en lumière, les récits des efforts héroïques qu'ont coûtés ces victoires remportées sur la nature, captivent le grand public, et son attention est entretenue par la publication d'ouvrages de haute vulgarisation scientifique et la réunion de *Congrès :* c'est l'ère de la grande prospérité des *Sociétés de géographie.*

D'autre part, en Europe, aux États-Unis, aux Indes britanniques, des services d'État s'organisent qui exécutent et publient des *cartes topographiques* où sont précisées nos connaissances, jusque-là très rudimentaires, sur les formes du relief terrestre, en même temps que l'interprétation de ces données, du plus haut intérêt, est rendue possible par l'exécution et la publication, par d'autres services d'État, de *cartes géologiques* détaillées.

L'étude de l'atmosphère cesse d'être livrée au hasard d'observations isolées, pour être systématiquement abordée et continûment poursuivie dans des observatoires météorologiques qui s'élèvent partout et accumulent les matériaux d'où sortira la science des *facteurs climatériques.*

Enfin, dans un autre ordre d'idées, d'autres services officiels sont fondés qui embrassent, dans leur pro-

gramme, l'activité industrielle et commerciale, et tout ce qui touche à la *géographie humaine*.

Déjà l'enseignement supérieur s'est mis à la tête de ce mouvement pour en diriger la marche et en synthétiser les résultats. La *géographie scientifique* est née ; c'est dans les universités, en Allemagne tout d'abord, qu'elle grandit en contact intime avec les sciences au progrès desquelles elle est intimement associée, et la voici qui s'affirme dans des manuels et des atlas de géographie générale, instruments de travail infiniment précieux.

Le grand mérite du F. Alexis est d'avoir suivi pas à pas cette marche en avant, d'avoir utilisé ces ressources et consacré ses talents pédagogiques, avec un rare bonheur et une inlassable persévérance, à en faire bénéficier l'école et le collège, dans une mesure et par des moyens appropriés à l'intelligence des enfants et des jeunes gens.

Dès le début de sa carrière, le Professeur de Carlsbourg a eu l'intuition du renouvellement prochain et nécessaire de l'enseignement de la géographie et la volonté d'y contribuer. Son *Manuel de géographie*, accompagné d'*Exercices cartographiques* et d'un *Atlas* d'écoliers (1864-1865) est déjà un progrès. Mais il a conçu dès lors une œuvre plus importante où les idées qui germent dans son esprit s'affirmeront plus nettement. Il travaille à la *Carte hypsométrique de la Belgique*, publiée en 1866, et que suivra bientôt la *Carte hypsométrique de l'Europe*. « Les éléments de notre publication, écrit-il, ont été puisés dans les ouvrages de MM. d'Omalius d'Halloy, Dumont, Houzeau, Tarlier, Vander Maelen et dans les cartes allemandes. »

Pour la Belgique, en particulier, rien de semblable n'existait : la carte, avec courbes de niveau, de notre

État-Major ne devait être publiée que plusieurs années plus tard; c'est en relevant péniblement les cotes d'altitude portées sur les cartes routières des provinces belges par Vander Maelen, que le F. Alexis est parvenu à ébaucher les courbes de niveau auxquelles les travaux de nos géologues lui permirent de rattacher la distribution des productions minérales et celles des zones agricoles du pays.

Ce coup d'essai fut jugé un coup de maître. Le géologue d'Omalius prodigue à l'auteur ses encouragements ; il l'aide de tout son pouvoir à obtenir du Gouvernement belge un appui nécessaire à la diffusion de ses cartes dans nos écoles et à une application plus étendue des principes qui ont présidé à leur construction. Les cartes du F. Alexis, déclare-t-il au Sénat, le 16 mai 1871, « sont ce que je connais de meilleur comme publication scolaire de ce genre en langue française ».

Quelques mois plus tard, le *Congrès de Géographie* tenu à Anvers, en août 1871, ratifie ce jugement et accorde aux idées du F. Alexis sur l'enseignement élémentaire de la Géographie, une attention soutenue et une franche approbation.

Le professeur de Carlsbourg est sacré géographe ; mais ce n'est point dans son pays natal qu'il poursuivra sa carrière.

La bataille de Sedan fit échouer en territoire belge une partie du Corps français commandé par le général de Failly : ce débris d'armée était à Carlsbourg dans les premiers jours de septembre 1870. Les loisirs de la captivité fournirent aux officiers l'occasion d'étudier les cartes du F. Alexis; ils les jugèrent du plus grand intérêt. On racontait que les Allemands connaissaient aussi bien, sinon mieux, le pays envahi que ses défenseurs, grâce à l'excellence des cartes dont ils dispo-

saient ; et c'était vrai. On ne pouvait tarder à remédier à pareille situation.

Les supérieurs de l'Institut des Frères se rendaient d'ailleurs parfaitement compte de la nécessité d'une réforme de l'enseignement de la Géographie dans leurs nombreuses écoles de France. Ils avaient été témoins des efforts et heureux des premiers succès du géographe belge : ils résolurent de profiter de ses lumières.

Le 8 décembre 1871, le F. Alexis recevait cet ordre de ses supérieurs : « Donnez du travail à vos élèves pour huit jours, et venez à Paris. » Il était là le 15. Deux jours plus tard, il présidait une première réunion des Frères visiteurs et des quarante directeurs des écoles de Paris. On étala les misères de l'enseignement géographique et on rechercha les remèdes à y porter. La conclusion du débat fut des plus heureuses : elle chargeait le F. Alexis de la rédaction d'une sorte de *Méthodologie* qu'il fit imprimer à Tours. Mais ce n'était qu'un premier pas. La méthode était excellente, les moyens de l'appliquer faisaient défaut. Qui, mieux que le F. Alexis, pouvait y pourvoir ? On le retint donc pour la composition de nouveaux manuels, la publication d'atlas appropriés, la construction de cartes murales, la création de toutes pièces d'un matériel classique nouveau. Cela fait — et ce ne fut point l'œuvre d'un jour — on le retint encore pour maintenir son œuvre au niveau du progrès, pour la perfectionner tant et si bien que les huit jours demandés au professeur de Carlsbourg se changèrent en trente-trois années d'un labeur continu et acharné.

Le détail des publications géographiques du F. Alexis serait infini. On y trouve des *Manuels*, livres du maître et livres des élèves, pour tous les degrés de l'enseignement primaire et de l'enseignement moyen ; des *Cahiers cartographiques* variés ; une douzaine d'*Atlas*, conte-

nant plusieurs centaines de cartes ; diverses collections de *Cartes murales* écrites et muettes ; des reliefs hypsométriques et panoramiques ; des ouvrages illustrés de vulgarisation parmi lesquels nous citerons la *Terre*, la *France coloniale* et la *Belgique pittoresque* ; une collection de livres et de brochures relatifs à la traite des nègres, à l'exploration, à l'occupation et à l'évangélisation du Congo belge ; des notices variées, des articles de Revue, des conférences, etc.

En parcourant cet ensemble, les œuvres classiques surtout, on retrouve à chaque pas l'homme qui a vraiment la vocation du travail qu'il accomplit. Le F. Alexis aime sa science ; il s'entoure des livres et des Revues qui lui parlent d'elle ; tout ce qui peut aider à l'insinuer aux enfants, aux jeunes gens et la leur faire goûter, est recueilli avec un soin jaloux ; les cartons du laborieux auteur débordent : il choisit, analyse, classe ses notes non pas en d'arides nomenclatures, mais en un tout qu'il s'efforce de rendre harmonieux et où se reflètera l'image de la surface de la Terre : sa vie physique et organique, l'activité humaine dont elle est le théâtre. Des notes variées, au bas des pages, ajoutent encore à l'intérêt du texte et achèvent d'initier les élèves à la connaissance d'une foule de faits et de données relevant de la cosmographie et de la géographie mathématique, de la physique du globe et des sciences naturelles, de l'ethnographie et de la linguistique, de l'histoire et des vicissitudes de la politique, de l'industrie et du commerce.

Le maître s'entend admirablement à faciliter aux jeunes intelligences l'accès et l'assimilation de ces notions. Avec les tout petits, c'est par la classe qu'il débute : il leur fait faire le tour de l'école, descend avec eux dans la rue, parcourt la commune et ses environs, visite le canton, l'arrondissement, la province, pour embrasser enfin, dans ces cercles concentriques,

l'ensemble du pays. C'est sur la carte du monde qu'il promène les plus grands en leur montrant la vie du globe dans toutes ses manifestations.

Tour à tour, il s'adresse à la vue, à l'imagination, à la mémoire, au déjà vu pour s'élever par échelons, par *grossissement*, à l'intuition de l'inconnu, apprendre aux enfants à en lire la figuration sur la carte et à la reproduire eux-mêmes en des exercices graphiques.

Rien n'est négligé dans la facture matérielle des *Manuels*, la disposition des *Atlas*, la construction des *Cartes murales* dont tous les recoins sont utilisés : la variété des caractères typographiques, le nombre considérable de vignettes, de diagrammes, de paysages types, de cartes locales à échelle amplifiée, de monuments, de dessins topographiques, de spécimens découpés des cartes des États-Majors des divers pays soutiennent l'attention, familiarisent les élèves avec les grands plans topographiques, instruisent par les yeux et font aimer les leçons où l'on apprend tant de choses intéressantes. « Nous ne connaissons rien de plus méthodique, de plus propre à favoriser l'accès et l'entente de la géographie aux jeunes intelligences, que les livres et les cartes du F. Alexis », écrivait, ici même, le géologue de la Vallée Poussin ; et le savant professeur de Louvain ajoutait : « ses ouvrages d'ailleurs sont des œuvres essentiellement pédagogiques. C'est dans le monde scolaire qu'ils doivent acquérir toute leur valeur, et l'instituteur ou le maître qui sait les mettre à profit, soit dans l'enseignement primaire, soit dans l'enseignement secondaire, doit produire immanquablement beaucoup de fruits. » Il en est bien ainsi.

Nous ne prétendons pas que l'œuvre pédagogique du F. Alexis ait atteint d'emblée et n'ait cessé de réaliser la perfection : aucune œuvre humaine ne peut y prétendre. Nous ne songeons pas à nier qu'il s'y ren-

contre des inexactitudes de détail, des erreurs d'interprétation, des notions empruntées à autrui sans contrôle suffisant ; mais ces défauts sont rares, le plus souvent sans importance, et où ne se glissent-ils pas ? Nous nous garderons aussi d'affirmer que ses publications soient, aujourd'hui encore, sans rivales. La science est toujours jeune, les savants vieillissent ; la science progresse à grands pas, les savants, que l'âge engourdit, s'épuisent à la suivre et défaillent en chemin. D'autres recueillent leur héritage et le font valoir, et la tâche se poursuit, se renouvelle sans cesse et ne s'achève jamais.

Le F. Alexis fut, dans sa sphère, un initiateur, et ce mérite n'est pas vulgaire ; ce fut un érudit dont les patientes lectures facilement assimilées, fécondées par un travail acharné et de très réels talents pédagogiques, ont fait un maître justement apprécié. Il a rendu à l'enseignement des services signalés ; il se survit dans des ouvrages qui honorent sa mémoire et méritent notre reconnaissance, et il laisse après lui des confrères, associés à ses travaux et animés de son zèle, qui sauront, par la même ardeur à l'étude, maintenir son œuvre à la hauteur où il l'a portée et prolonger ses succès.

Ils furent éclatants, et c'est justice de les rappeler ici.

Le F. Alexis a obtenu, pour ses publications géographiques, plus de cinquante récompenses de marque. Nous ne pouvons en donner ici le détail ; rappelons seulement qu'il obtint la médaille de première classe à l'Exposition de Vienne, en 1873, et au Congrès International de Géographie de Paris, en 1875 ; la médaille d'or à l'Exposition de Paris, en 1878, la médaille d'or et le diplôme d'honneur à Londres, en 1884, et à Bruxelles, en 1888 ; des diplômes d'honneur ou des médailles d'or à Barcelone, en 1888 ; à Cologne,

en 1891 ; à Chicago, en 1893 ; à Anvers, en 1900 (Grand Prix) ; à Liège, en 1905,... partout où il ne fut point membre du jury, comme à Bruxelles, en 1910.

En 1887, le jury du concours international pour le *Prix du Roi* le classa second sur soixante concurrents. « La réputation de M. Gochet, écrit le rapporteur, n'est plus à faire. Chacun sait que, depuis vingt ans, il se dévoue avec talent et une extrême persévérance au progrès de l'enseignement de la géographie. Ses travaux ont été justement récompensés dans de nombreuses expositions et par des subsides du gouvernement belge, afin de lui permettre d'en poursuivre l'application. On lui doit notamment l'introduction dans l'enseignement des cartes hypsométriques, déjà fort remarquées au Congrès d'Anvers en 1871, et les premières qui aient été publiées en langue française. On en regrette encore davantage que, pour un concours aussi important que celui du *Prix du Roi*, M. Gochet n'ait pas jugé nécessaire de présenter ses idées dans un ouvrage spécial et sous une forme méthodique... Dans son ensemble et dans ses détails, l'œuvre de M. Gochet se rapproche d'une manière remarquable du travail de M. Stauber ; elle a un caractère plus personnel. Sous ce rapport, le travail de M. Gochet présente un mérite particulier... » — « On peut dire, écrit ailleurs le rapporteur, que le mémoire spécialement rédigé par M. Stauber pour le concours semble n'être que le reflet des idées généralement admises en Allemagne. » M. Stauber l'emporta. Dans ces conditions, la seconde place, a-t-on dit, valait bien la première.

En 1896, la Société Géographique de Paris, sur le rapport de Lapparent, décerne au F. Alexis sa médaille d'or avec le *Prix Charles Grad*. Quelques mois plus tard, l'Université de Louvain offrait au lauréat la chaire de Géographie à l'Institut commercial et consu-

laire qu'elle allait fonder. Les supérieurs des Frères invoquèrent le but spécial de leur Institut — si vaillamment poursuivi et si fructueusement atteint dans l'enseignement primaire et l'enseignement moyen — et s'excusèrent de ne pouvoir détacher le F. Alexis de ses travaux.

L'honneur d'avoir été jugé digne de ces hautes fonctions reste entier, rehaussé par la modestie du savant religieux, dont la joie fut grande de pouvoir consacrer à poursuivre le sillon commencé à Carlsbourg les dernières années de sa verte vieillesse. Nous leur devons la carte de l'expansion mondiale belge et la publication régulière du *Bilan géographique annuel*, inauguré en 1881.

Les rééditions de ses œuvres classiques ne se comptent pas : livres, atlas, cartes murales se sont multipliés à l'infini. Vers 1904, le F. Alexis éditait annuellement 40 000 *Atlas* de tout format, 75 000 *Géographies Atlas*, 65 000 *Cahiers cartographiques*, 100 *cartes murales*, 200 *reliefs* et 250 000 *manuels* qui trouvaient place dans les écoles libres et les écoles officielles en Belgique, en France, en Russie, en Italie, en Suisse, au Canada et au Japon ; et de toutes parts des éloges non suspects accueillaient ses travaux.

Dès sa publication, la carte hypsométrique d'Europe fut mise à l'essai dans les Écoles de Marine de Brest, de Rochefort et de Toulon. Le 27 février 1873, l'amiral Pothuau, alors ministre de la Marine, écrivait au supérieur du F. Alexis : « Cette carte a produit d'excellents résultats et a été appréciée comme exceptionnellement utile à l'enseignement de la géographie. Suivant le mot d'un capitaine, les matelots, bientôt familiarisés, marchent sur la carte du F. Alexis avec autant d'assurance que sur le pont. »

M. Buisson, dans son rapport sur l'exposition de Vienne, en 1873, parle du *novateur* avec les plus

grands éloges : « le mérite est grand, dit-il, d'avoir entrepris résolument cette transformation des méthodes primaires, et le Jury de Vienne l'a reconnu en décernant une médaille de progrès au F. Alexis, à qui revient l'honneur d'avoir le premier osé faire pénétrer dans l'école primaire tout un ensemble de procédés rigoureusement scientifiques ». Le même auteur accentue ses éloges, à propos de l'Exposition de Philadelphie, en 1876, et il écrit dans son *Dictionnaire de Pédagogie*, en parlant des croquis cartographiques : « En France, nous ne connaissons pas de meilleur système que celui du F. Alexis. »

M. Levasseur, dans un rapport au Gouvernement Français, affirme à son tour que « l'ensemble des travaux du F. Alexis a une véritable originalité, et constitue un très sensible progrès dans la manière d'enseigner la Géographie. »

Le colonel Adam renchérit sur ces éloges dans son rapport sur l'Exposition de Paris, en 1878. « Les cartes murales du F. Alexis, écrit-il, largement traitées, revêtent un cachet scientifique qui n'exclut ni la simplicité, ni la clarté ; les faits de géographie physique les plus saillants sont indiqués avec netteté et sûreté. Il a le mérite d'avoir, le premier, publié en français une carte murale hypsométrique de la Belgique et une autre de l'Europe... Le F. Alexis est un travailleur infatigable et un érudit. Il connaît les besoins de l'enseignement, s'applique à les satisfaire et à mettre la Géographie à la portée de toutes les intelligences et de tous les âges. Ses travaux lui assurent la reconnaissance des jeunes élèves et de tous les appréciateurs du mérite uni au dévouement. »

Nous pourrions multiplier ces témoignages où l'éloge se répète sans se lasser.

Le F. Alexis ne les dédaignait pas, mais il ne voulait y voir qu'un hommage rendu à son Institut, qu'il

aimait de toute son âme, et la reconnaissance publique des services excellents rendus par l'enseignement congréganiste, bien capable de suivre le progrès et, à l'occasion, d'en prendre l'initiative.

La physionomie sympathique du F. Alexis portait l'empreinte d'une dignité sans hauteur; jamais les succès n'altérèrent sa bonne simplicité. On appréciait sa science solide, son excellent esprit, son habileté à exprimer nettement les conclusions de ses patientes lectures; on jouissait de sa franche cordialité. Au respect et à la vénération dont l'entourèrent ses frères en religion, s'alliait l'intimité des rapports faciles et des menus services reçus avec bonne grâce et rendus sans compter. Tous admiraient son assiduité au travail et s'édifiaient à ses exemples : il aimait la science avec passion, mais sans négliger pour elle aucun devoir, sans se refuser à aucun surcroît demandé à sa charité et à son zèle.

Les funérailles du F. Alexis ont été grandioses dans leur simplicité. Ses amis, ses confrères, ses admirateurs s'y pressaient nombreux en un long cortège où une couronne d'un millier d'enfants, appartenant aux écoles libres de Tamine et des Alloux, attirait surtout l'attention. Ils priaient à haute voix ces petits en associant dans leurs souvenirs reconnaissants et le maître dont la science nourrit leur intelligence et son frère si profondément regretté, M. Louis Gochet, dont les bienfaisantes largesses les abritent en de superbes écoles et de gais patronages.

J. Thirion, S. J.

L'ART DE GUÉRIR

CHEZ

LES INDIGÈNES DU CONGO BELGE

On trouve, dans les récits des explorateurs, dans la correspondance des agents et celle des missionnaires, maints détails épars sur la Pathologie et la Thérapeutique des noirs, au Congo belge. Il nous a paru utile de les réunir ; mais ce n'est pas la seule raison qui nous a engagé à leur consacrer cet article.

Recueillies au hasard des circonstances, ces observations, souvent superficielles, nous sont transmises, plus souvent encore, en termes trop vagues pour qu'on puisse en tirer parti. Quel intérêt sérieux peut-il y avoir à constater, par exemple, que le noir combat telle affection en s'appliquant sur la peau, en mâchant ou en faisant infuser les feuilles « d'une plante » dont on nous laisse ignorer même parfois le nom indigène ?

Notre but n'est donc pas de grouper des faits acquis et d'en déduire des conclusions ; mais bien plutôt de signaler les lacunes et de souligner le vague de nos connaissances actuelles, en vue de provoquer des renseignements plus complets et vraiment scientifiques. Ce sera, du même coup et sans que nous y insistions davantage, démontrer, ce qui a été fait souvent à beaucoup d'autres points de vue, la nécessité, pour le blanc qui se rend au Congo, de posséder des connaissances

scientifiques, et l'utilité incontestable qu'il y a à le munir de ces connaissances par un enseignement spécial et des instructions appropriées aux services surérogatoires, mais très précieux, qu'il peut rendre à la science.

Nous ne chercherons pas à introduire, dans la Pathologie rudimentaire et la Thérapeutique empirique du noir, un ordre scientifique. Nous inspirant de sa mentalité, nous rangerons, sous le titre de maladies *internes*, celles dont les désordres se dérobent à l'observation vulgaire, et sous celui de maladies *externes*, celles dont les ravages s'étalent à tous les yeux. Nous ferons suivre, autant que possible, l'indication du mal, de celle des remèdes que les indigènes lui appliquent.

LES MALADIES INTERNES

1. *La Céphalalgie*

Pour caractériser ce malaise, le Bangala emploie une expression typique : il sent sa tête. Cela lui arrive souvent sans que la fièvre en soit la cause.

Parlant des femmes Bakuba, M. de Makar insinue que leur persistante céphalalgie pourrait provenir de leur habitude de travailler sans souci des dangereuses ardeurs du Soleil africain. Quoi qu'il en soit, c'est un fait souvent signalé que la tyrannique migraine sévit dans toute la Colonie.

Pour la guérir, ou du moins pour en atténuer les désagréments, les indigènes ont une foule de moyens. L'un des plus énergiques et non des moins en vogue, est la saignée. On en signale la pratique dans le Bas-Congo, dans les environs de Dembo et dans la région des cataractes ; plus à l'est, dans l'angle formé par le fleuve Kwilu et son affluant l'Inzia, chez les Bayaka et

les Bambala ; chez les Bakuba, entre le Lubudi et la Lulua ; au nord du lac Tanganika, chez les Warundi de l'Uzige et, au delà de l'Uélé, chez les Asande.

Le mode opératoire n'est pas partout le même.

Ici on pratique d'abord des incisions frontales ou temporales sur lesquelles on appuie le gros bout d'une corne creuse, ouverte aux deux extrémités ; par l'autre bout, l'opérateur aspire fortement pour provoquer l'afflux du sang. Ailleurs, la technique se montre plus savante et il est permis de se demander si elle est bien d'origine congolaise : la corne est remplacée par une minuscule calebasse où l'on fait flamber quelques feuilles sèches avant d'appliquer le goulot sur la région incisée : l'air chaud raréfié se contracte en se refroidissant, la pression baisse à l'intérieur de la calebasse et le sang jaillit des blessures. Le noir aurait grand' peine, sans doute, à expliquer le fonctionnement de cet appareil, et il serait intéressant de connaître l'idée qu'il s'en fait.

Ailleurs encore, la ventouse est appliquée d'abord, et c'est sur l'ampoule soulevée que l'on pratique les incisions. Au besoin, un tison incandescent sert à cautériser les plaies.

A côté des protubérances charnues, signes de race, que portent, au front et aux tempes, une foule de nègres, et qui atteignent parfois la grosseur d'une fève, il en est d'autres qui proviennent peut-être de ces saignées anticéphalalgiques. De fait, le R. P. Veys, dans la région du Bas-Congo, et le R. P. Coulbois, dans celle du Tanganika, signalent, chez les nègres, sur cette partie du corps, deux genres de tatouage : l'un, très commun et uniforme, est considéré comme un remède ; l'autre, varié, est le signe distinctif d'une peuplade ou d'un clan.

Il arrive que la ventouse soit remplacée par une friction des incisions avec certains brins d'herbe,

enduits d'une certaine poudre dont on ne nous dit pas la composition.

Parfois aussi, la cautérisation prend la place de la saignée : on n'extrait plus le mal, on le brûle. C'est ainsi que les Warundi qui souffrent de la tête se brûlent le front, en certains endroits marqués d'avance, à la flamme d'un copeau, ou au contact d'un tison ardent, d'une aiguille de vannier ou d'un morceau de métal quelconque, passés au feu ; pour calmer la douleur, on étend, sur les brûlures, du beurre ou quelqu'émollient analogue.

Chez les Warundi encore et chez les Wara, l'hydrothérapie fournit un autre remède également très en usage. Les Warundi s'aspergent la tête d'eau froide, et l'engluent de feuilles broyées ; nous ignorons à quelle plante ces feuilles sont cueillies. Les Wara s'enveloppent la tête d'étoffes et la tiennent penchée sur une infusion bouillante de feuilles de *utondo* (?), jusqu'à ce que le tissu se soit imprégné de la vapeur bienfaisante. Les Baluba du bassin de la Lubule emploient, au même usage, une décoction des feuilles de *mubanga* (1).

Plus souvent, et vraisemblablement dans les cas bénins, on se contente d'aspirer par le nez une poudre ou un suc végétal dont l'effet immédiat est de provoquer l'éternuement. Les indigènes de la Côte ajoutent à leur tabac à priser le péricarpe des bananes séché et réduit en poudre, pour activer son action sur les muqueuses du nez. Les Bangala reniflent le suc d'une feuille d'*intia (?)*, ou la poudre d'une feuille de *tongo (?)* séchée au feu. Les Mongo s'instillent un mélange de *bapongi(?)*

(1) Ormosia *Brasseuriana*. Voir : *Sylloge Floræ Congolanæ*, Théoph. et Hél. Durand, Bulletin du Jardin botanique de l'État, Bruxelles, 1910, t. II, p. 169. — Dans la suite de cet article, les initiales F. C. renverront à cet ouvrage.

pilé et de sel indigène (1). Dans différentes régions, ce sont les feuilles de la plante aromatique *chenopodium ambrosioides* (2) qui sont en usage, etc.

Le remède le plus simple, sinon le plus efficace, consiste à se serrer fortement la tête d'une liane, qui remplace le bandeau que nous employons chez nous.

2. *Bronchite et pneumonie*

La tuberculose semble assez rare au Congo belge, comme au Congo français, au Sénégal, en Nigéria et au Soudan. En revanche, la bronchite et la pneumonie y sont très fréquentes. C'est parmi les peuplades tributaires ou voisines de la Grande Forêt que le mal sévit avec le plus d'intensité et les cas foudroyants de congestion pulmonaire y sont nombreux. La brousse et la savane d'ailleurs sont loin d'être indemnes.

L'humidité de la forêt est pour beaucoup, sans doute, dans ces méfaits ; mais les variations considérables et brusques de la température ne sont pas moins funestes. La saison sèche, en effet, est la plus meurtrière. Or c'est à cette époque de l'année que l'écart entre la température du jour et celle de la nuit atteint son maximum, et il arrive souvent que le refroidissement nocturne surprenne le noir couché par terre et sans grand souci d'hygiène.

A la bronchite chronique, au catarrhe invétéré, les indigènes n'opposent, semble-t-il, aucun traitement

(1) Le sel indigène provient de l'incinération de certaines plantes herbacées des marécages, entre autres la plante appelée *Mokutu* au Kwilu, mangée également comme légume, et celle appelée *Kepini* au Kwilu et *Motola* chez les Bangala. Voir De Wildeman, *Compagnie du Kasaï. Mission permanente d'études scientifiques. Résultats de ses recherches botaniques et agronomiques*, p. 145. Bruxelles, 1910.

(2) F. C., p. 461 : les indigènes appellent cette plante *lungue* (Kasongo), *vuma* (Tanganika).

bien défini. Le malade tousse, crache, maigrit et dépérit peu à peu, prenant son mal en patience, persuadé qu'il est victime d'un mauvais sort ou qu'un ennemi lui a fait ingérer à son insu quelque méchante poudre qui rend son mal incurable.

Pour soigner les maux de gorge, les rhumes, surtout chez les enfants, les indigènes emploient, en potion, le suc de *mitracarpum scabrum*, appelé *yaba* dans la région de Madibi, *tomba-tomba*, chez les Bakusu et *tuyaie* au Tanganika (1). Dans les cas plus graves, c'est aux révulsifs surtout qu'ils demandent la guérison.

Les Ababua, les Mongo, les Lessa se couvrent la poitrine d'incisions sanglantes dans lesquelles ils introduisent des substances irritantes, le poivre *(pili-pili)* entre autres.

Les Warundi se frottent également le thorax, préalablement rayé de légères entailles, avec les feuilles d'une plante assez semblable à la camomille et qu'ils nomment *musshoni* ou *bukorosko*.

Chez les peuplades voisines de la Grande Forêt surtout, on recourt à une application de ventouses sur les incisions, avant d'irriter la peau par les frictions.

Les Basonge s'appliquent sur la poitrine des cataplasmes d'herbes diverses. Les Bangala remplacent ces cataplasmes par un onguent dont le R. P. Cambier nous fournit la composition : ce serait une pâte de gomme copale dans laquelle on aurait introduit cinq petits poissons *(ikoko)* avant de la cuire au feu. Après avoir tracé de nombreuses lignes sanglantes sur la poitrine du malade, on étend cet onguent sur les plaies vives et aussitôt surgissent de gros boutons.

Il serait intéressant, pour l'étude des rapports de la médecine et du tatouage, de savoir quelles traces permanentes laissent après eux ces différents traitements,

(1) F. C., p. 287, 654. — De Wildeman, *op. cit.*, p. 429.

les pustules et les boutons qu'ils ont provoqués : figurent-elles parmi les cicatrices que portent bon nombre d'individus de ces peuplades ?

A ces remèdes externes, se joint l'usage des tisanes. Les Basonge boivent, trois fois par jour, une infusion salée de feuilles hachées de plantes à gourdes, *lagenaria vulgaris* (1). Au Stanley-Pool, les malades absorbent des potions chaudes à base végétale où figurent le *usosi (?)*, le *lubembe (?)*, le *mbuza (?)*. Les Warundi combinent la tisane et le révulsif : pendant qu'on frotte les incisions pectorales avec une infusion du bois calciné de l'*urukago (?)*, ils s'administrent à l'intérieur cette même infusion.

Le noir bronchiteux n'ignore pas les bienfaits de la transpiration. Après avoir avalé le breuvage salutaire bien chaud, il se couche près d'un feu ardent. Il arrive même qu'il dépasse la mesure. Le commandant Brasseur raconte qu'il fut témoin de la scène suivante : l'esculape d'un village voisin du lac Lubemba, appelé près d'une malade, fit allumer un brasier au fond d'une fosse au-dessus de laquelle il plaça des sticks assez serrés pour que la flamme du foyer ne pût les traverser. Après avoir enveloppé d'une natte sa cliente, il la coucha sur ce gril pour la faire abondamment transpirer ! La malade, dit-on, sortit guérie de cette épreuve du feu.

3. *Maladies des voies digestives*

Les indigènes semblent ne connaître aux voies digestives que deux maladies : la diarrhée et la constipation, toutes deux fréquentes dans toute l'étendue du conti-

(1) F. C., p. p. 227.

nent africain. La dyssenterie n'est pour eux qu'une diarrhée opiniâtre.

L'irrégularité des noirs dans leur alimentation, et l'usage qu'ils font d'eau plus que suspecte sont pour beaucoup dans cette situation.

Ces mêmes causes expliquent aussi la pullulation des vers intestinaux qui tuent nombre d'enfants. On signale surtout leurs ravages au nord du lac Tanganika. Contre cette invasion, les indigènes boivent des tisanes : une décoction de feuilles de *lubusu* (1) est, prétendent-ils, un remède excellent. Il ne paraît pas cependant qu'ils possèdent, non plus que les arabes, de vermifuge vraiment efficace.

Contre la diarrhée, l'indigène Bakongo mange le mélange de terre et de débris organiques qui forme un *kikuku* (2) ; il y ajoute des bananes vertes et mille autre choses encore. Le Mluba mâche des tiges de *luhe (?)*, le Bangala se prépare une bouillie faite de feuilles de *mudurumba (?)* et de *mudongo (?)*. Une apocynacée est l'astringent spécifique des Basongo ; les racines de *kibanze (?)* possèdent, au dire des Waruwá, les mêmes vertus.

Signalons aussi un autre arbre, très répandu au Congo, que les indigènes appellent, dans leurs différents dialectes, *lolokendamba*, *dopwa*, *kifumbi*, etc., le *bauhinia reticulata* (3) dont l'écorce pilée et macérée dans l'eau froide fournit un astringent puissant, administré dans le cas de diarrhée, et même de dyssenterie chronique.

Dans l'Urundi, le guérisseur réduit en poudre une tige d'*ikitahotorwa (?)*, introduit cette poudre dans du beurre, en fait une petite pyramide qu'il place au centre d'un tesson sur lequel il a dessiné une croix

(1) Momordica *charantia L.*, var. *abbreviata*, F. C., p. 228.
(2) Termitière en forme de champignon.
(3) F. C., p. 174. — De Wildeman, *op. cit.*, p. 304.

dont un des bras est tracé en blanc et l'autre en rouge, carbonise le tout, recueille les cendres et les verse dans une potion qu'avale le malade. C'est aussi mauvais, sans doute, que le bol plein d'un mélange de jus de limon et de poivre qu'avalent les Otando.

Le recours au lavement, en cas de diarrhée, semble un pis-aller : on ne l'emploie guère qu'à bout d'autres ressources. Le mode opératoire est des plus simples. Une grosse paille ou un roseau creux fournit la canule, l'opérateur prend en bouche une gorgée de l'infusion à servir au malade et l'envoie à destination à travers le roseau. Toutefois on se sert plus souvent d'un instrument moins primitif. Le roseau creux est adapté à une calebasse percée d'un trou à sa partie supérieure ; on y verse le liquide, on soulève la calebasse et la pesanteur fait le reste. Si elle ne suffit pas à la tâche, l'opérateur vient à son aide en soufflant dans la calebasse.

Les infusions qui servent à cet usage sont nombreuses mais vaguement renseignées : nous indiquerons celle dont les Basoko se contentent : ils la préparent en faisant bouillir des feuilles de palmier.

Contre la constipation, les indigènes disposent aussi d'une riche pharmacopée, et les remèdes s'administrent soit en potion soit en lavement.

La sève très caustique d'une euphorbiacée dont les propriétés purgatives seraient comparables à celles de l'huile de *Croton-Tiglium*, le *ngeero*, prise à la dose de deux ou trois gouttes sur une feuille de *kimuingu(?)*, fournit une purge très énergique mais dangereuse. Au Bas-Congo, sur les côtes du Kabinda et du Loango, les graines de ricin sont en honneur. Un grog au *malafu*, vin de palme, dans lequel on a fait infuser des herbes (?), fait l'affaire des indigènes du Stanley-Pool.

L'usage des lavements est fréquent contre la constipation. L'eau de la rivière en fournit parfois la matière ;

plus souvent on y emploie des infusions variées. Les Bangala, par exemple, préparent à cet usage une décoction de feuilles de *udema (?)*. Ce n'est pas le seul usage de cette plante dans la médecine indigène. Le suc qu'elle contient, exprimé à froid, écrit le P. Cambier, serait un remède souverain, si on en croit les noirs, contre l'ophthalmie.

4. *Les rhumatismes*

Les rhumatismes sont d'autres méfaits à imputer à l'humidité de la forêt et à la fraîcheur des nuits. Les peuplades sylvestres surtout en souffrent, mais le mal est général. Il se manifeste non seulement par des douleurs sourdes et des lancements aigus, mais aussi par une éruption de boutons qui envahit tout le corps. Volontiers, les indigènes attribuent à un mauvais sort le rhumatisme dartreux.

Les incisions et les ventouses, appliquées sur le siège du mal, le massage, les bains chauds additionnés d'herbes et de poivre, les frictions et quelques breuvages spécifiques sont les remèdes courants. L'un des spécifiques pour friction est un onguent formé de beurre auquel on a mélangé la racine d'*umukuwakwa (?)* réduite en poudre ; l'écorce de l'*umurangara (?)* et de l'*umuzugo (?)* pilée et diluée dans l'eau sert aussi comme lotion.

La sciure de l'*umurwazi (?)* délayée dans l'eau, et la racine pulvérisée d'*umukandambaza (?)*, prise dans l'eau ou dans la bière, fournissent des potions que l'on dit salutaires.

Les Bateke et les Bamfumu, sans dédaigner la saignée, s'appliquent à chaud, sur le siège du mal, des cataplasmes d'argile humide additionnée de *pili-pili*, Les natifs du Bas-Congo recourent au massage, et

préconisent les bains de vapeur. Le malade, emmailloté de couvertures, s'assied sur un escabeau, les jambes exposées à la bienfaisante chaleur et aux salutaires effluves d'une bouilloire sous laquelle pétille un feu de bûches.

5. *Les Fièvres*

Les fièvres guettent le noir surtout dans les parages fangeux et au début de la saison des pluies, quand la vie déborde dans la brousse et que, dans la forêt, les bourgeons se gonflent de sève. Le blanc n'échappe pas au fléau dont les causes sont multiples et diverses. Le noir sédentaire se fait au milieu qu'il habite : il semble immunisé contre la fièvre locale. Vient-il à se déplacer, il n'est pas rare qu'il prenne la fièvre propre à la région qu'il traverse.

C'est encore aux incisions, sur le front et sur le dos, parallèlement à la colonne vertébrale, et aux saignées abondantes, pratiquées dans le dos et dans la région du cœur, que les indigènes demandent la guérison. Mais ils s'adressent aussi à l'hydrothérapie.

Chez les Warundi, le fiévreux se plonge dans un bain froid et, immédiatement après, dans un bain de vapeur, pour opérer la réaction et provoquer la transpiration. Il en est cependant qui négligent cette seconde partie de l'ordonnance : on en a vu au Mayumbe qui, au sortir du bain froid, se contentaient de grelotter. On complète cette cure d'eau en suçant la sève acide du *sanda* (1) un *Ficus* appelé *bodanga* dans le Haut-Congo, où il est employé comme coagulant du caoutchouc.

Beaucoup d'autres plantes d'ailleurs ont une action

(1) F. C., p. 505, 508.

fébrifuge que les indigènes mettent à profit. Les Batetela tirent leur principal remède de la pulpe du caféier, très commun chez eux. Ailleurs l'écorce découpée en tronçons d'un *Carapa* (1), mélangée au malafu, une décoction de l'écorce d'un *Cassia*, une infusion des racines, séchées au soleil, de *cassia occidentalis* (2), ou des feuilles amères de *vernonia senegalensis* (3), fournissent des panacées en vogue. Une décoction des racines de l'écorce du *kienga* (4), petit arbre de la brousse dont les natifs taillent des statuettes, donne aussi, au témoignage du F. Gillet, un fébrifuge justement apprécié. Signalons encore l'emploi des feuilles très amères de *lebwa* (Ikwangula), ou *kiupe* (Kasongo) signalé par M. A. Sapin (5).

6. *La maladie du sommeil*

Cet épouvantable fléau, dont les ravages au cours de ces dernières années, surtout le long de l'Inkissi, rappellent ceux des épidémies de peste les plus meurtrières, ne relève pas de la thérapeutique des noirs. Ils n'ont aucun remède de valeur qui puisse guérir ou soulager le malade, et tout le résultat de leur intervention semble se réduire à secouer la torpeur du patient en le faisant souffrir bien inutilement.

Les indigènes ont appris des blancs le rôle que joue la mouche Tsé-Tsé dans la propagation de la maladie; quand il n'en coûte pas trop à leurs habitudes, ils suivent le conseil pressant qu'on leur donne d'établir

(1) CARAPA *procera* (?), F, C., p. 93, 652. — De Wildeman, *op. cit.*, p. 320.
(2) F. C., p. 173.
(3) F. C., p. 295; appelé par les indigènes *Manduli-duli*, *Molonga*, *Mulvlundje* (Tanganika), *Bavoapanda*.
(4) Appelé aussi *Borinalolo* et *Majampa*. Rubiacée : SARCOCEPHALUS *sambucinus*, F. C., p. 239.
(5) MORINDA *longiflora*. F. C., p. 279. — De Wildeman, *op. cit.*, p. 428.

leurs demeures loin des parages que fréquente ce dangereux insecte. Ils savaient que le mal est contagieux, mais tardaient et tardent encore à se mettre en garde. Ils distinguent, en effet, trois périodes, plus ou moins bien déterminées, dans l'évolution de la maladie : la période de la fièvre, de la lassitude; celle de la somnolence et des premiers symptômes nerveux; enfin la période finale, le sommeil opiniâtre, l'amaigrissement très prononcé, les accidents nerveux graves. Ils ne craignent pas la contagion au début du mal; ils se défient très peu des malades qui ont atteint la seconde période; mais dès que ces malheureux sont en proie aux attaques épileptiformes, ou que la torpeur les engourdit au point de sortir à peine de leur lourd sommeil, ou encore dès qu'ils sont envahis par la gale et couverts de plaies, la peur prend leur entourage, qui n'hésite pas à reléguer ces misérables débris humains loin du village, dans la brousse, où ils meurent d'inanition quand la pneumonie ne les emporte pas. Les chefs, les hommes libres, les *mfumu* seuls, échappent à cette proscription brutale.

Sans nous étendre sur la thérapeutique inefficace des indigènes, donnons, à titre d'exemples, quelques-unes de leurs recettes. Celle-ci n'a vraisemblablement pour effet que de secouer le dormeur : on verse sur un fragment d'écorce de *kindumbi* (?) un peu de malafu; l'écorce change de couleur et abandonne, en dissolution dans la liqueur alcoolique, certains principes irritants. On recueille cette liqueur et on l'injecte dans les yeux du malade : bientôt une suppuration se produit que devrait suivre la guérison au dire des guérisseurs, tous grands charlatans. L'opération est douloureuse; elle réussit à tirer momentanément le malade de sa somnolence, mais c'est là sans doute son seul résultat.

Le Dr Calmette signale une intervention analogue,

en usage au Gabon. Là, ce sont les racines d'une amomacée qui fournit la base de la décoction obtenue par ébullition prolongée. On y mêle habituellement des fruits d'une autre amomacée que l'on cultive à cet effet près des villages. Le liquide ainsi obtenu est injecté cinq fois par jour dans les yeux du patient.

Dans certaines régions, les bains froids sont ordonnés au malade, et on le gorge de purgatifs. Le plus en vogue se tire de 30 à 40 grammes, par litre d'eau, de feuilles d'*okumé* (1).

Voici quelques détails plus précis sur le traitement de la maladie du sommeil appliqué dans la région de Madibi; nous les devons à M. le Dr Dreypondt (2).

On couvre tout le corps du patient de petites incisions, après quoi on le frictionnne avec le mélange suivant :

a) 30 grammes environ d'écorses pulvérisées et préalablement passées au feu de *moaza* (3) ;

b) 10 grammes environ de fourmis (espèce qui accompagne les pucerons des *Funtumia*, cœur de bœuf, etc.) ;

c) 10 grammes environ d'argile ferrugineuse du Takula minéral ;

d) Malafu (vin de palme), en quantité suffisante pour faire une pâte liquide.

Les incisions et les frictions sont faites pendant trois jours consécutifs. Le quatrième jour, on purge le malade à l'aide d'un lavement dont voici la recette :

(1) Peut-être l'*okama* des Batetela, le STRYCHNOS *pungens*, F. C., p. 372. — De Wildeman, *op. cit.*, p. 382.

(2) Voir aussi une note de M. Sapin dans De Wildeman, *op. cit.*, p. 209.

(3) C'est le nom que donnent à la plante les Bawana ; les Bangala l'appellent *boala* ; au Mayumbe elle prend le nom de *panza*, et au Gabonce lui de *boala*. C'est un PENTACLETHRA *Macrophylla*, légumineuse assez répandue au Congo : F. C., p. 182 ; l'écorce est légèrement rougeâtre et résineuse, des gousses de 30 à 40 centimètres de longueur contiennent de grandes graines plates, oléagineuses, comestibles.

a) 30 grammes environ d'écorce pilée de *mudyasa* (Bawana) appelé aussi *kipulaboab* et *diloso* (Bangala) (1).

Le cinquième jour, on recommence les incisions, les frictions, le lavement, et ainsi de suite pendant un, deux, trois, parfois quatre mois et plus : si le malade ne meurt pas... il guérit.

Après chaque opération, le médecin a soin de se laver les mains au Malafu et de boire ce qui reste à la santé du malade.

Signalons enfin, d'après M. l'abbé H. Vanderyst, directeur du lazaret Saint Jean Berchmans, à Kisantu, l'indication d'autres remèdes qu'auraient employés les indigènes, avant l'arrivée des Européens, contre la maladie du sommeil (2).

Ils faisaient bouillir dans l'eau, en les mélangeant, les écorces des plantes suivantes : *kigeli* (3), *kifilu* (4), *kitundibila* (5) et des jeunes pousses *(saku)* de bananier. Pendant l'ébullition, le malade, enveloppé d'une couverture, se penchait sur le récipient, de façon à plonger le tronc et la tête dans ce bain de vapeur.

D'après d'autres renseignements recueillis, par le même missionnaire, de la bouche des noirs, les malades recouraient aussi au *nzeke-nzeke* (6), dont ils mangeaient les feuilles cuites à l'eau. Ce remède, écrit M. l'abbé Vanderyst, est employé contre la syphilis et le pian (7) et *à priori* on ne peut affirmer qu'il soit dépourvu de toute efficacité. Cependant les indigènes

(1) La décoction ou l'infusion de cette écorce trouve un emploi fréquent dans la médecine indigène : en lavement, elle est employée comme purgatif, et en tisane contre les maux d'estomac.

(2) Missions belges, p. 94, mars 1910.

(3) Hymenocardia *acida*, F. C., p. 486. — De Wildeman, *op. cit.*, p. 327.

(4) Vitex *camporum*, F. C., p. 436.

(5) Amomum *albo-violaceum*, F. C., p. 540.

(6) Claoxylum *africanum*, F. C., p. 491. — De Wildeman, *op. cit.*, p. 330.

(7) Affection cutanée *(Frambœsia)*.

ne l'emploient guère actuellement. S'il a une action favorable, ce ne sera certainement qu'à la condition d'être employé pendant un temps considérable ; il serait peut-être utile de s'en assurer.

On a cru remarquer que les régions où la maladie du sommeil sévit avec le plus d'intensité, sont celles où règne la pernicieuse habitude de fumer le chanvre. L'observation peut ne pas être sans fondement : mais il faut se garder d'en conclure, comme on l'a fait parfois, que la maladie du sommeil suit l'abus du chanvre comme l'effet suit sa cause. Nous savons aujourd'hui d'où elle vient et comment elle se propage ; mais ceux-là surtout sont exposés à tomber sous ses coups, que la dégénérescence physique rend impuissants à lui résister : n'est-ce pas le cas pour les malheureuses victimes de l'abus dont nous parlons ?

II

MALADIES EXTERNES

1. *Odontalgie et Ophtalmie*

Nous avons dit dans quel sens très large nous employons ici l'expression de maladies *externes :* telles sont, pour le noir, toutes celles qui se manifestent à l'extérieur, par la suppuration, les bubons, les pustules, les abcès, les plaies de toute nature et de toute provenance.

Les indigènes ont, en général, une excellente denture. Les brèches ouvertes dans leurs dents de devant sont intentionnelles et objets de parure ; on n'en trouve guère qui aient été creusées par la carie. Ils doivent

d'en être préservés aux soins minutieux qu'ils prennent, en général, de leurs dents. Beaucoup portent sur eux une sorte de petite brosse formée d'une baguette dont ils ont disjoint, à une des extrémités, les fibres ligneuses, et dont ils se servent pour se nettoyer les dents en guise de passe-temps.

Ils n'échappent pas, toutefois, à l'inflammation des alvéoles, aux abcès des gencives et à la carie des dents par la racine. Ils recourent alors au gargarisme d'eau chaude, à une infusion de racines de palmier, ou de feuilles d'*etaku* (1). Contre l'irritation des gencives, ils mâchent une feuille de solanée.

Si le blanc auquel ils demandent la guérison, en cas de douleur persistante, procède parfois à l'extraction de la dent malade, nous n'avons lu nulle part que le noir recourt de lui-même à cette opération. Le féticheur Warega dont parle le commandant Delhaize prétend guérir les maux de dents par des remèdes secrets : il se vante, sans doute, mais il n'est pas un arracheur de dents.

L'inflammation des paupières et du globe oculaire, sans être peut-être aussi fréquente qu'on l'a dit parfois, n'est pas rare ; nous la trouvons signalée chez les Warundi, les habitants du Marungu et, spécialement, chez les Watabwa.

L'intensité de la lumière, l'action du pollen des fleurs qui, à la saison sèche, flotte dans l'atmosphère, l'âcre fumée des foyers et des torches de résine qui emplit les huttes mal aérées.... sont vraisemblablement les causes ordinaires de ces accidents. Pour les combattre, les indigènes ont la patience et le recours à certains collyres à base végétale, sur la plupart desquels nous manquons de renseignements précis. Au Katanga, on

(1) LIMNANTHEMUM *indicum (?)*, F. C., p. 376.

soigne les maux d'yeux, surtout chez les enfants, par une décoction des racines de *munkollo-kollo*, le *Strychnos Ungubacha*, variété *Abacata* De Wildeman (1).

2. *Maladies de la peau*

Pour les indigènes, les bubons, les vésicules, les furoncles, les abcès sont des « plaies » dont ils distinguent mal l'origine et l'espèce. Ils ont beaucoup à souffrir des maladies éruptives : ils savent que plusieurs de ces maladies sont contagieuses, et que ceux-là peuvent les soigner impunément qui en ont préalablement souffert. Le nombre des malheureux rongés d'ulcères de toute nature est considérable surtout aux abords de la zone forestière.

Tous ont à lutter contre des légions d'acariens. La gale les couvre de boutons; des vésicules se logent entre les doigts et aux plis de la peau; il s'y joint parfois de grosses pustules, de volumineux abcès surtout au séant. Ils combattent le mal, avec un certain succès, par des frictions d'un mélange de suif, de pelures de bananes pilées et d'huile de palme.

La chique (*pulex penetrans*) est peut-être leur plus cruel bourreau. La femelle s'introduit sous la peau, se loge sous les ongles où elle dépose ses œufs. Bientôt des abcès purulents se forment, qui rongent les chairs et font horriblement souffrir. Les enfants surtout sont les victimes de ces diptères malfaisants, qui les assaillent sans merci. Il n'est pas rare de rencontrer de pauvres hères mutilés, privés d'orteils depuis leur enfance, et auxquels la marche est devenue très pénible.

(1) F. C., p. 373. — De Wildeman, *op. cit.*, p. 221.

Pour se prémunir contre cette invasion, les indigènes s'entourent de multiples précautions, trop souvent vaines. Ils procèdent alors à l'extraction du parasite, et se rendent mutuellement le service de l'expulser partout où il est parvenu à s'établir.

Ils soignent l'inflammation de la peau et, en général, les « plaies » de toute nature par des cataplasmes et des lotions dont des herbes, des feuilles macérées, des écorces et des racines pilées font les frais.

Les feuilles de *badja-lindu* et de *ngele* (?) chez les Bangala, l'écorce du *bopali* (?) réduite en poudre et les feuilles de *baonzi* (?) pulvérisées, chez les Mongo, figurent dans leurs recettes. On y trouve aussi un cataplasme de poudre à fusil mélangée d'argile. Ils lavent à grande eau les plaies rebelles et, pour amener la cicatrisation, ils les aspergent du jus de certaines plantes ou les recouvrent de feuilles et d'herbes diverses, de feuilles de *botoko* (1), entre autres. Mais leur cicatrisant par excellence semble être l'huile de palme.

Les Warundi surtout ont foi dans l'action de l'eau et, en particulier, des eaux thermales. Il existe à Kisagara une source de ces eaux bienfaisantes où les indigènes se baignent pour se guérir des maladies de la peau.

Pour se débarrasser des croûtes qui recouvrent leurs ulcères, ils recourent également à des lotions et à des frictions énergiques, jusqu'à provoquer parfois une abondante hémorrhagie qu'ils combattent au moyen d'une pâte composée de rouille de fer et de jus de limon, appliquée toute chaude sur les plaies vives.

(1) OSTRYOCARPUS *parvifolius*. F. C., p. 164.

3. *Variole*

La variole règne dans tout le Congo. On la signale au Bas-Congo, au Mayumbe et dans la région des cataractes, au Moyen-Congo, chez les Bangala et les Mongo, et dans la région du Nord, où elle décime les Mangbetu et les Asande; on la retrouve à l'est chez les Balera et dans le Manyema, et au sud de la colonie, chez les Basonge et les Baluba. Mais c'est surtout, semble-t-il, vers le Tanganika qu'elle étend ses ravages. Bref, elle est partout et partout meurtrière, surtout, dit-on, au moment des grandes crues.

Il arrive que les malades soient abandonnés ou chassés du village; parfois on leur construit, à l'écart, une misérable hutte où d'anciens varioleux viennent les soigner. Les malades guettent les progrès du mal, s'administrent force ablutions, percent les pustules, à l'aide d'une aiguille, pour en faire sortir le pus, et se frictionnent avec de la farine de manioc. Ils recourent également au coloriage, en étendant sur la peau un composé d'huile et de *gula* (1). Après quelque temps, ils se débarrassent, par ablution, de cette couche de peinture, pour la renouveler sans cesse jusqu'à ce que la guérison — ou la mort — s'ensuive.

On a écrit que les Watoro recourent à la vaccination, d'après un procédé qu'ils gardent secret. D'autre part, Johnston rapporte qu'un voyageur somali aurait enseigné aux Masaï une méthode d'inoculation dont nous ignorons la nature et les résultats. Parfois, les féticheurs procèdent à certaines opérations qui simulent l'inoculation : du bout de leur petit doigt mouillé, ils introduisent une poudre de leur fabrication dans

(1) Le *gula (ngula)* ou *takula* est une matière colorante rouge d'origine végétale, employée dans la teinture indigène et comme fard. Voir : É. De Wildeman, *op. cit.*, pp. 148-149.

trois incisions pratiquées en cinq endroits du corps : au-dessus de l'œil droit, à l'épaule droite, sur le dos, au poignet droit et au-dessus du pied droit. Plus souvent, convaincus sans doute de leur impuissance, ils en appellent aux amulettes dont on munit les malades et la cruche à l'eau.

Aujourd'hui, la vaccination telle que nous la pratiquons, est employée partout où le blanc s'est établi, et l'on s'efforce, non sans succès, de circonscrire et de prévenir le mal.

4. *La Syphilis*

Moins étendus que ceux de la variole, les ravages de la syphilis ne sont pas moins lamentables. Si l'on en juge par la situation géographique des zones les plus cruellement atteintes et la marche envahissante que paraît avoir suivie le fléau, le mal ne serait pas d'origine congolaise, mais un produit d'importation. Dans les régions du nord-est, il règne partout où les Arabes, marchands d'esclaves, se sont abattus. On le retrouve dans les régions de l'ouest, les premières ouvertes aux marchands portugais et aux travailleurs embauchés dans les colonies voisines. Au centre, au contraire, les peuplades qui ont échappé à cette double influence, sont indemnes ou beaucoup moins éprouvées.

Quelques observations particulières confirment cette manière de voir. Dans l'Uganda, par exemple, où le mal est universel, il a pris pied et s'est développé lors du passage des Arabes et des Nubiens. Les Warundi sont les moins atteints; or ce sont eux précisément qui ont lutté le plus longtemps et avec le plus d'énergie contre les hordes arabes. Dans l'Uele enfin, le fléau est entré à la suite des Soudanais du Nord.

D'autre part, le nom que lui donnent certaines

peuplades semble d'origine arabe, et les remèdes à base de cuivre qu'elles emploient pour le combattre rappellent le traitement par le sulfate de cuivre en usage chez les Arabes.

Dans la zone occidentale et, en particulier, dans le Bas-Congo, ce sont les travailleurs étrangers, surtout ceux de Sierra-Leone, les Zanzibarites et les marchands blancs, qui ont contaminé les indigènes. Pour se défendre contre l'invasion de cette peste, certaines tribus condamnaient à mort toute femme convaincue d'avoir eu des relations avec quelqu'un de ces marchands.

A leur tour, les indigènes eux-mêmes, une fois atteints, ont grandement aidé à la diffusion du mal; de là, la mauvaise réputation dont jouissent certaines peuplades : les Bahana, relativement moins atteints, accusent les Bambala de l'avoir introduit chez eux; et les Bayaka, restés indemnes jusqu'ici, l'appellent « la maladie des Bambala ».

Les indigènes traitent la syphilis par des tisanes et des lotions végétales diverses. Le *kapulumba*, appelé aussi *kinkolela* (1), arbrisseau couvert de belles fleurs odorantes d'un blanc cireux, est un de leurs spécifiques. Une infusion ou une décoction de ses feuilles

(1) GARDENIA *Iovis-tonantis*, F. C., p. 261. — De Wildeman, *op. cit.*, p. 420-421. « Ce *Gardenia* entre, sous toutes sortes de formes, dans la médecine indigène. Les fragments de tiges soulagent les malades du cœur, les indigènes du Soudan les emploieraient de la façon suivante, d'après les renseignements réunis par M. Constancia. On coupe trois branches : à chacune on enlève un morceau de la longueur de la première phalange de l'annulaire; ces petits morceaux sont percés d'un trou dans lequel on passe une ficelle qui sert à les fixer au cou du patient, au bout de peu de jours le malade éprouverait un soulagement sérieux. »

Nous avons dit son emploi contre la syphilis. « Les branches de cet arbuste auraient également la propriété de garantir les cases des indigènes contre les orages.

» On prétend que les racines de ce *Gardenia*, séchées et pilées, mélangées avec un miel indigène, également séché et pilé, constituent un produit qui, macéré dans l'eau froide, est capable de redonner de la vigueur aux personnes qui dépérissent visiblement. Il suffit de prendre tous les jours de

servant à la fois de boisson et de bain constituerait un traitement souverain des ulcères syphilitiques. D'autres plantes sont employées au même usage, en potion et en lotion; on signale, chez les Warundi, le *fume* (?), dont on utiliserait les feuilles et les racines, et le bois, réduit en poudre, de l'*umukingo* (?).

Signalons aussi chez différentes peuplades, les Baluba entre autres, l'application, sur les ulcères, de malachites (carbonate de cuivre), ou de lames minces de cuivre.

5. *La lèpre et l'éléphantiasis*

Il est certain que la lèpre existe au Congo ; mais les renseignements que nous avons pu recueillir sur l'étendue du mal ne s'accordent guère, et semblent confondre, parfois, dans leurs descriptions, la lèpre, le lupus et les plaies cancéreuses. Les indigènes d'ailleurs n'ont souvent qu'un mot pour désigner la lèpre et les ulcères opiniâtres qui dévorent le malade (1).

Nous ignorons s'ils isolent les lépreux, comme tels, et nous n'avons trouvé, dans la médecine indigène, aucun remède spécial à leur usage : ceux qu'on leur donne sont ceux qu'on applique aux plaies malignes et invétérées.

L'existence de l'éléphantiasis est signalée chez plusieurs peuplades : chez les Bangala, entre autres, les

grand matin un ou deux verres de cette liqueur; dès que les effets vomitifs et laxatifs se sont fait sentir, on marcherait vers la guérison.

» Le bois brûlé donne des cendres riches en potasse, usagées dans la préparation de savons, et comme mordant dans les teintures indigènes.

» Dans certaines régions du Congo, les graines écrasées donnent une des couleurs noires que les indigènes emploient pour faire les dessins sur la peau. »

(1) Les Wanyoro, si l'on en croit Johnston, souffriraient d'une sorte de lèpre, appelée *bibembi*, tellement contagieuse qu'on la prend en respirant l'air qui entoure le malade ou en passant sur l'herbe qu'il a foulée.

Ababua et les Warundi où ses victimes seraient nombreuses.

Ici encore, les renseignements sont peu nombreux et surtout peu précis. Les Bangala et les Abadua voient, dans ce mal étrange, le résultat d'un mauvais sort, et s'abstiennent de le combattre. Les Warundi prétendent qu'on le gagne en mettant d'aventure le pied là où vient de passer un serpent ; ils traitent le mal, sans succès d'ailleurs, par une infusion de feuilles sèches de l'arbre *umuhumu (?)*, servant à la fois de tisane et de lotion.

6. *Blessures, luxations et fractures*

Au cours de sa vie d'aventures, l'indigène est exposé à mille accidents : contusions, entailles, balafres, luxations et fractures dont le traitement constitue toute sa chirurgie.

En général, son premier soin, quand il s'est blessé, est de laver la plaie à l'eau claire ; il la panse ensuite en la recouvrant soit de sciure de palmier, ou de l'écorce, râpée et cuite dans l'eau bouillante, de *mubanga* (1), soit d'une feuille, passée à la flamme, ou de l'écorce pilée d'un bananier.

La blessure est-elle béante, on en rapproche les lèvres et on les maintient en contact à l'aide d'une liane dont on entoure le membre blessé ; si le cas l'exige, on place des points de suture en se servant d'une aiguille en bois munie d'un fil végétal, et le pansement s'achève en recouvrant le tout de feuilles ou de poudres, qui doivent absorber les sécrétions et prévenir l'inflammation. Le but n'est pas toujours atteint et les plaies prennent souvent un très mauvais

(1) Ormosia *Brasseuriana*, F. C., p. 169.

aspect ; même quand tout va bien et que la blessure se referme, elle laisse une cicatrice en relief que nous jugerions très disgracieuse. C'est ainsi que procèdent, entre autres, les indigènes du Stanley-Pool.

Au besoin, on recourt à la cautérisation. A l'aide d'un tison, d'une aiguille de vannier rougie au feu ou d'un copeau enflammé, on brûle les parties de la plaie qui réclament ce traitement énergique, et on panse la brûlure en l'enduisant d'un émollient, de beurre quand on en a.

Une multitude d'arachnides et de reptiles malfaisants guettent le noir dans la forêt, dans la brousse et même dans sa hutte, où il est exposé à leurs piqûres venimeuses.

M. Hanolet rapporte que les Bangala ont un vaccin dont l'inoculation rendrait inoffensive la piqûre du scorpion. Ils carbonisent la queue de cet arachnide, recueillent les cendres et les introduisent dans de légères incisions pratiquées sur la peau, aux articulations, de celui qui veut être vacciné. L'opération provoque quelques jours de fièvre, mais, si on en croit les noirs, l'immunisation serait certaine. Au Mayumbe, on procède à l'extraction du venin par succion, immédiatement après l'accident. On recourt aussi aux ligatures qui enserrent le membre au voisinage de la blessure, et on procède à une saignée par incisions.

Le traitement indigène des luxations et des fractures est rationnel, mais très souvent maladroitement appliqué. On opère la réduction et on maintient le tout en place au moyen de bâtonnets et de lianes dont on fait un solide bandage. Parfois, l'appareil est noyé dans un plâtrage qui assure l'immobilité du membre jusqu'à la guérison. Dans les cas difficiles on recourt aux grands moyens. M. le Dr Dreypont a vu, en 1893,

un patient, traité pour une fracture de la cuisse, astreint à rester pendant un mois, la jambe emprisonnée dans un trou bourré d'argile.

Les résultats sont rarement esthétiques : le raccourcissement ou la déformation, souvent considérable, du membre lésé est de règle générale. Toutefois, des rebouteurs adroits se rencontrent, dit-on, notamment dans le Bas-Congo, et les Mandja ont la réputation de posséder d'habiles chirurgiens, capables non seulement de réparer les membres déboîtés ou fracturés, mais de fabriquer d'ingénieux appareils pour hernie inguinale.

Les amputations intentionnelles semblent extrêmement rares, voire même absolument inconnues, du moins chez certaines tribus. Le commandant Laplume a vu cependant procéder à l'ablation d'un doigt écrasé chez les Mangbetu. L'amputation se fit au niveau de l'articulation du doigt et du métacarpien ; le patient fumait sa pipe, sans manifester la moindre émotion. La plaie fut lavée à l'eau fraîche et recouverte d'un emplâtre de feuilles pilées.

LE MÉDECIN ET LA PSYCHOTHÉRAPIE

Le recours aux remèdes familiers n'a pas disparu de nos campagnes : la tradition populaire y tient lieu de pharmacopée et, avant d'appeler le médecin, on consulte le voisin qui connaît les simples et sait utiliser leurs vertus pour guérir bêtes et gens.

Telle est au Congo la règle. On a tôt fait de diagnostiquer le mal dont on souffre ; la recette à formuler est écrite dans toutes les mémoires ; les ingrédients qui y entrent se trouvent, sans bourse délier, dans la brousse ou la forêt voisine, et l'art de les mélanger selon la formule n'est ni plus ni moins difficile que celui de piler

le manioc et de faire bouillir l'eau. On se soigne donc souvent seul ou avec l'aide du voisin.

Il y a cependant des guérisseurs attitrés, les *nganga*, grands charlatans devant Esculape (1) ; mais on ne se hâte pas de réclamer leurs services, et pour cause. Le noir n'est pas riche ; il est moins encore prodigue de ses mitakos, de ses poules et de son malafu. Or les féticheurs sont âpres au gain et ont grand soin de se faire payer d'avance. La moindre consultation coûte au client de 5 à 10 francs de notre monnaie sans compter l'appoint en nature. Le tarif d'ailleurs n'est pas uniforme. Voici quels furent, dans un cas observé aux environs de Kisantu, les honoraires d'un spécialiste : l'équivalent de neuf pièces de 5 francs en espèces, neuf œufs, neuf mains de bananes, un panier d'arachides. Le métier, on le voit, fait vivre son homme.

D'autre part, c'est moins de l'efficacité des recettes du féticheur que du bon vouloir de ses fétiches, qu'on attend le retour du malade à la santé. On ne recourra donc à son intervention que si le patient est censé victime d'un mauvais sort qu'il faut conjurer à tout prix en apaisant le fétiche qui s'oppose à la guérison.

Aussi, rien n'est burlesque à l'égal d'une visite médicale chez les indigènes.

Le féticheur arrive chez son client dans un accoutrement de circonstance : la poitrine et le visage bariolés ; le rouge domine, deux traits blancs, au coin de l'œil, barrent les tempes. Il apporte avec lui le fétiche et des amulettes, une horreur en bois grossièrement sculptée, des sifflets, des grelots et vingt autres babioles. Son premier soin est de régler la question des honoraires, après quoi il s'occupe du malade.

(1) *Nganga* signifie un savant, un maître-homme ; *nganga buka*, expert dans l'art de guérir ; le *nganga nkisi*, à la fois médecin et quelque peu magicien, prescrit des remèdes, distribue des amulettes, rompt les charmes, et dispose des fétiches : c'est le féticheur.

On apporte une calebasse remplie de vin de palme : c'est là qu'il puisera l'inspiration. Le voici qu'il entonne un chant dont le refrain est repris en chœur par tous les assistants. Il s'agite, danse, s'arrête, saisit le fétiche, l'interroge des yeux. Cèdera-t-il ? — Il retourne au vin de palme, en arrose le magot, boit lui-même et passe la calebasse aux assistants qui boivent à la ronde.

Il demande une poule qu'on s'empresse de lui fournir. Il l'égorge — tantôt il la fera cuire et on la mangera au repas qui clôt la cérémonie — il asperge le fétiche du sang du volatile auquel il arrache quelques plumes qu'il met dans un sachet avec de la terre rouge, des ongles d'oiseaux, de la poudre, etc. ; ce sera le talisman qu'il joindra au remède et qui préservera le malade.

Si le fétiche semble se faire tirer l'oreille, le féticheur demande que l'on chante plus fort ; lui-même s'épuise dans une danse endiablée ; il saisit le fétiche récalcitrant, le secoue d'importance, le dépose entre les bras du malade, le reprend, le bariole ; parfois même, on le voit qui s'empare d'un petit bâton, tenu en réserve pour la circonstance, et en frappe la mauvaise tête du mannequin : tout ceci quand l'habile homme juge le malade perdu, et pour se ménager la ressource d'imputer à l'entêtement du fétiche le sort du patient.

Après quoi, on mange la poule et la conjuration est terminée. Si le cas semble desespéré, le féticheur déclare que le fétiche refuse de se laisser fléchir, et il quitte le malade parfois sans rien prescrire, mais en emportant ses honoraires. Si le mal lui paraît, au contraire, bénin et de ceux que la nature guérit toute seule, il s'abstient de rien prescrire et se contente d'invoquer le fétiche dont la réputation grandira à son profit : on dira qu'il possède un fétiche qui guérit sans remède.

Le plus souvent, il prescrit un remède, remet au malade quelqu'amulette et lui impose de s'abstenir de

tel ou tel aliment. Ses prescriptions sont suivies à la lettre et ses défenses scrupuleusement observées. Une fois le malade guéri, le féticheur revient le voir, prépare lui-même l'aliment qu'il lui avait interdit et le lui présente : ce geste lève la défense (1).

L'intervention du guérisseur officiel et du féticheur, sans cesser jamais d'être burlesque, ne s'accompagne pas toujours des mêmes cérémonies : la scène varie au gré des circonstances et sans doute aussi d'après l'habileté de l'opérateur. Dans les récits qui nous en sont donnés, des cas se présentent où il semble permis d'attribuer à ces pantomimes bizarres une influence salutaire sur la santé du malade. Les féticheurs pratiquent la psychothérapie, comme M. Jourdain faisait de la prose, sans le savoir. En voici un exemple :

Il s'agit d'un malade abattu, découragé, que les remèdes familiers n'ont pas soulagé. Le *nganga* est appelé. Après avoir lavé le patient couché dans sa hutte, il le badigeonne en rouge d'une dilution de *ngula*, dont il le force à boire par petites gorgées. Pendant ce temps, parents et amis entourent le malade et se préparent à seconder de leur mieux l'intervention du féticheur. Celui-ci gravement se balance, agite la tête, remue bras et jambes, en murmurant une rapsodie plaintive. Bientôt les assistants, entraînés, exécutent les mêmes mouvements ; cela peut durer des heures. Peu à peu l'exaltation croît, elle devient de la frénésie : et voici que le patient lui-même cède à l'obsédante suggestion des chansons et des gestes : il se lève, prend part à la sarabande et ne s'arrête qu'à bout de forces, le corps ruisselant de sueur. Aussitôt on le soumet à une bienfaisante aspersion d'eau tiède, qui

(1) Voir l'article du P. Sadin, *Essai sur la religion des Bakongo*, dans les MISSIONS BELGES, p. 131-140, avril 1910.

termine la cure : on la reprendra au besoin plusieurs fois.

N'a-t-elle d'autre résultat que de faire transpirer le malade ? Ne tend-elle pas, qu'on le veuille ou non, à lui relever le moral, en le persuadant, par le fait, qu'il n'est pas si épuisé qu'il le prétend, puisqu'il peut prendre part à pareils excès ? L'habileté du *nganga* ne consisterait-elle pas à choisir son malade — tous évidemment ne peuvent profiter d'un tel régime — et à le décider à se lever et à s'associer à la danse, bref, à le guérir par suggestion ?

Voici une autre scène plus significative encore, et qui rappelle l'histoire de la dame qui prétendait avoir avalé une grenouille.

Il s'agit d'un malade qui traîne et dépérit : il est, à n'en pas douter, victime d'un mauvais sort qui le condamne à s'éteindre lentement.

Le *nganga* est appelé. Après un examen minutieux du malade, il déclare qu'en effet le malheureux est ensorcelé : quelqu'ennemi malin lui a fait passer dans l'estomac nombre d'objets indigestes ; mais il y a plus malin que lui.

L'opérateur incise légèrement la poitrine du patient et, tout en prononçant des formules mystérieuses, il la masse énergiquement afin, dit-il, d'attirer à la surface ces objets secrètement enfouis, causes de tout le mal.

Le massage terminé, il applique les lèvres sur l'incision pratiquée d'abord et aspire de toute la force de ses poumons. O merveille ! Voici qu'il retire de la bouche et présente au malade un caillou, un morceau de métal, une cartouche de Winchester, que sais-je encore. C'est tout : l'estomac est complètement débarrassé de ce qui l'encombrait ; la cause du mal est enlevée, c'est la guérison instantanée et radicale.

La supercherie est grossière ; cela ne l'empêchera pas toujours de réussir.

CONCLUSIONS

Ce rapide exposé est bien loin d'épuiser le sujet : il est manifestement très incomplet et, en maints endroits, beaucoup trop vague pour être vraiment utile. Il aura atteint son but, s'il engage nos agents et nos missionnaires à recueillir des observations plus précises et plus détaillées que celles que nous avons pu mettre en œuvre.

Le nom indigène des plantes médicinales, *sans autre renseignement*, n'est, le plus souvent, qu'une donnée inutilisable. La même plante, en effet, porte des noms différents dans les multiples dialectes de notre colonie ; pour la même plante et dans la même région, chaque explorateur figure, comme il peut, les sons qu'il a cru entendre quand le noir la lui a nommée, et ces transcriptions n'ont souvent qu'un air de famille si peu marqué qu'on hésite à les identifier. Au nom de la plante, il faudrait joindre au moins une description suffisamment précise, ou, bien mieux encore, un échantillon de ses parties essentielles qui permettraient de l'identifier et de l'étudier.

Ceci s'impose surtout si l'on a constaté, par la pratique des indigènes, que telle plante possède de fait une vertu médicinale nettement marquée. C'est à ce prix que la pharmacopée indigène, étudiée dans ses ressources et ses résultats, pourrait enrichir la nôtre. Il est possible que l'expérience ait appris aux habitants de la brousse et de la forêt à utiliser les feuilles, l'écorce, les racines d'une plante dont les principes actifs, extraits et expérimentés dans nos laboratoires, accroîtraient utilement nos ressources médicales : l'histoire de la quinine, entre autres, autorise cet espoir. Mais pour mettre nos chercheurs sur la voie de ces

découvertes, pour les guider dans leur travail, les renseignements précis d'observateurs avertis sont indispensables.

Il est vrai que, pour s'acquitter de cette tâche, des notions de botanique sont nécessaires, que tout le monde ne possède pas. Mais il est d'autres informations auxquelles tous peuvent se prêter.

Nous avons vu combien fréquemment la médecine indigène recourt à l'emploi des révulsifs : elle entaille le front, la poitrine, le dos, les membres des malades, irrite la peau, provoque l'éclosion d'ampoules et de boutons qui peuvent laisser après eux des cicatrices indélébiles. Les mêmes procédés appliqués aux malades d'une même région, doivent aboutir aux mêmes résultats, inscrits sur la peau des habitants en caractères similaires. Il s'établit ainsi des rapports entre la médecine et le tatouage, entre le tatouage et la région, qu'il serait intéressant d'étudier.

Dans un autre ordre d'idées, il serait utile de connaître comment se forment à leur métier les guérisseurs attitrés. Rencontre-t-on des *nganga buka*, des médecins, qui ne soient pas en même temps des *nganga nkisi*, des féticheurs, ou ces maîtres Jacques jouent-ils tour à tour ce double rôle ? — Il existe des *écoles de féticheurs* (1) : quelle part y est-il fait à l'art de guérir ; s'y borne-t-on à enseigner les vertus médicinales des plantes ? — Ces écoles tendent, dit-on, à disparaître, pour faire place à l'enseignement privé donné par le féticheur au disciple appelé à lui succéder. Quelle est, au point de vue médical, l'organisation de cet enseignement privé ? Le disciple accompagne-t-il le maître au chevet des malades, la clinique complète-t-elle les leçons ?

(1) Voir De Jonghe, *Les Sociétés secrètes au Bas-Congo*, dans la REVUE DES QUEST. SCIENT., 3e série, t. XII, pp. 451-523, livraison d'octobre 1907.

Le rôle du féticheur est multiple : ce médecin sorcier est aussi une façon de pontife qui intervient dans la vie privée du noir et n'est pas étranger aux affaires publiques. Ainsi, quelques semaines après la naissance d'un enfant, le féticheur procède, en présence du chef du village, des parents et de quelques invités, à l'initiation du nouveau-né et à l'imposition du nom que lui donne le parrain ou la marraine. Il intervient aussi dans la cérémonie officielle d'installation d'un nouveau chef : c'est lui qui, d'accord avec les notables de l'endroit, le propose au peuple et le fait agréer. Il le marque au front d'un trait blanc et lui verse un peu d'eau sur la tête... Il serait intéressant de connaître le détail de ces attributions variées.

Les indigènes attribuent aux féticheurs une sorte de pouvoir magique qui leur vaut d'être entourés d'une crainte superstitieuse. Les considèrent-ils aussi comme plus habiles à découvrir la nature d'une maladie et mieux instruits des pratiques médicales traditionnelles ? Y a-t-il, en un mot, entre la science du médecin, les attributions vaguement religieuses du féticheur et l'action qu'il peut exercer sur les affaires publiques des relations pouvant éclairer les origines et l'organisation sociale de ces groupements primitifs ?

Sur toutes ces questions, et bien d'autres tendant au même but, les renseignements ne font pas absolument défaut, mais ils demandent à être complétés et précisés. Ceux-là surtout pourraient y aider qu'un plus long séjour au milieu des noirs, une connaissance plus parfaite de leur langue, des relations plus suivies, plus intimes avec eux, ont préparés à recevoir et à comprendre leurs confidences.

Ern. Viaene et F. Bernard.

LE

CONCEPT ACTUEL D'HYSTÉRIE

LES CAUSES

Nous avons parlé dans un article précédent (1) des symptômes qui peuvent être regardés comme caractéristiques de la maladie nerveuse appelée *Hystérie*.

Rappelons en quelques mots l'état de la question.

Il existe une certaine catégorie de troubles nerveux qui ne s'accompagnent d'aucune lésion organique apparente. A défaut de lésion, la science médicale, pour classer les maladies qui se manifestent par ces troubles, a dû se baser sur les seuls symptômes. Partant de là, on a cru pouvoir distinguer un certain nombre d'affections spéciales, appelées névropathiques (ce qui n'est pas compromettant), et dont le nombre d'ailleurs s'est considérablement restreint depuis quelques années. On ne décrit guère aujourd'hui, comme névroses bien caractérisées, que le nervosisme, la neurasthénie, la psychasthénie, l'épilepsie dite essentielle, l'hystérie. Encore n'est-ce là que du provisoire, car il se pourrait bien que toutes ces affections ne fussent que les manifestations, à des degrés divers, d'une seule et même entité morbide organo-psychique.

D'autre part, nous avons vu que les représentants les plus autorisés de la science neuropathologique sont

(1) Voir Revue des Questions scientifiques, octobre 1910, p. 459.

loin d'être d'accord quand il s'agit de faire le départ des symptômes et de déterminer, d'abord quels sont ceux qui sont incontestablement de nature névropathique, puis, parmi ces symptômes incontestablement névropathiques, quels sont ceux qui relèvent de telle ou telle névrose spéciale.

Il faut pourtant admettre qu'il existe un groupe de symptômes à physionomie toute particulière : ce sont ceux qui sont susceptibles d'apparaître, de se modifier, de disparaître, sous la seule influence d'une cause d'ordre psychique. Telle la crise nerveuse convulsive ; telles certaines paralysies, contractures, anesthésies, hyperesthésies ; tels aussi certains troubles de la vue, du langage, de la digestion, de la respiration.

Il est tout naturel, étant donnée leur allure si spéciale, de réunir tous ces symptômes pour en faire une classe à part. A cette classe il faut bien donner un nom. Lequel ?... Peu importe. Certains de ces symptômes étaient déjà rangés sous l'étiquette « hystérie ». Que cette étiquette devienne donc, si l'on veut, celle du groupe tout entier ; mais après qu'on l'aura un peu précisée. Elle fait allusion, en effet, étymologiquement, à une prétendue influence utéro-ovarienne qui n'a rien à voir à l'affaire ; elle évoque aussi dans beaucoup d'esprits l'idée de fourberie, d'immoralité, etc.... qui ne lui appartient nullement d'une façon essentielle et spéciale.

Malgré ces précisions, nous ne pourrons cependant donner encore au terme d'hystérie qu'une signification conventionnelle. Il ne désigne, en effet, qu'un groupe de symptômes, et nous ne savons pas si ces symptômes relèvent d'une affection fondamentalement différente des affections qui déterminent les symptômes groupés sous d'autres titres névropathiques.

C'est à ces conclusions que nous avait conduit notre précédent article.

Il faut nous demander maintenant si le groupement symptomatique hystérique est un groupement purement artificiel, basé seulement sur une façon de se présenter identique pour tous les symptômes de ce groupe, ou s'il a son fondement dans une altération organique ou psycho-physiologique, permanente ou transitoire, mais la même essentiellement dans tous les cas et pour tous les symptômes du groupe ; par conséquent, une altération bien déterminée et spéciale, caractéristique d'une maladie particulière, qui peut bien, chez le même sujet, coexister avec d'autres maladies, mais qui peut aussi se rencontrer seule, et qui, d'ailleurs, dans le cas de coexistence fortuite, se sépare nettement des affections concomitantes.

Avant de chercher une réponse à la question ainsi posée, il convient de préciser encore certaines idées.

Nous avions dit, en parlant de la classification des névroses, qu'une des grandes difficultés que présentait cette opération nosographique, abordable seulement par le côté symptomatologique, consistait en ce que des phénomènes, apparemment de même nature, peuvent relever de causes différentes, et qu'à l'inverse, de causes de même nature peuvent provenir des phénomènes différents. Les discussions de la *Société de Neurologie* nous avaient mis en présence d'une difficulté de ce genre. Il s'agissait de savoir si des phénomènes présentant tous ce caractère commun de pouvoir apparaître et évoluer sous la seule influence de la suggestion, dépendaient de l'hystérie à tel point qu'on ne pouvait les rencontrer dans aucune autre affection. Nous avons vu qu'il a été sur ce point impossible de s'entendre.

Il est bien vrai, en effet, que des troubles fort différents, soit organiques, soit fonctionnels, peuvent être déterminés par une cause unique, par exemple une altération nerveuse. Mais cette observation pourtant

n'est juste que si l'on s'en tient aux causes les plus générales des symptômes. Si on examine leurs causes particulières, si, par exemple, on recherche quel est le genre d'altération nerveuse, et même, d'une façon plus précise encore, quelle est dans ce genre l'espèce d'altération dont il s'agit, on voit le nombre des phénomènes qu'on avait d'abord expliqués par une cause unique diminuer, tandis que le nombre des causes augmente, et cette sorte de jeu de bascule dure jusqu'à l'établissement de l'équilibre, c'est-à-dire jusqu'à ce que, pour chaque phénomène ou groupe de phénomènes bien caractérisé, on ait trouvé une cause particulière et bien déterminée qui l'explique.

De même, des phénomènes à allure générale identique peuvent, au premier abord, paraître relever de causes très différentes.

Prenons, par exemple, des cas de paralysie, ou d'impotence musculaire absolue à répondre aux incitations tant volontaires que réflexes. Cette impotence peut tenir à une atrophie, à une nécrose, à une disparition des cellules motrices soit du cerveau, soit de la moelle ; elle peut aussi être déterminée par une section ou une compression des voies périphériques. Ces causes elles-mêmes, atrophie, nécrose, disparition, section, compression, sont sous la dépendance de déterminants variés : tumeurs corticales ou médullaires, internes ou externes ; extravasations sanguines traumatiques ou spontanées ; intoxications ; plaques de sclérose ; développement de gliome syringomyélique, etc... ; sans compter les cas de paralysie qui ne présentent aucune lésion apparente.

A s'en tenir à ces données, des phénomènes essentiellement identiques peuvent donc se réclamer de causes très différentes. Mais au point de vue de la cause radicale qui produit l'impotence à la réaction motrice, caractéristique de tous les cas considérés, il

n'y a pas d'indécision possible ; nous n'avons pas à choisir entre plusieurs causes ; il n'y a qu'une cause dernière, fondamentale, pour tous les cas : l'interruption, sur un point donné de son parcours, du courant moteur.

Quelle est donc la cause dernière, fondamentale, qui rend raison, dans l'hystérie, de ces phénomènes qui, si différents qu'ils soient dans leur physionomie particulière, présentent pourtant ce caractère commun, et qui leur est essentiel à tous au point de vue de leur origine et de leur évolution, d'être sous la dépendance d'une influence psychique ?

Avant d'aborder cette question, nous devons, pour plus de clarté, traiter en premier lieu des causes qui en agissant sur le fond morbide hystérique créé par la cause dernière, fondamentale, déterminent l'éclosion des symptômes névropathiques. Ces causes sont les causes prochaines, immédiates, occasionnelles ou, si l'on veut, et ce terme indique mieux leur rôle, *provocatrices*.

A. *Causes provocatrices*

Nous savons déjà que les phénomènes dits hystériques se manifestent sous l'action d'une cause d'ordre psychique. Cette cause, pour Bernheim, est l'*émotion* ; c'est la *suggestion* pour Babinski. Les membres de la *Société de Neurologie* de Paris avaient semblé donner raison à ce dernier ; dans leurs discussions sur l'hystérie, il n'avait guère été question que de la suggestion comme cause déterminante de la symptomatologie hystérique.

Peut-être la suggestion intervient-elle au même titre que l'émotion, et l'émotion au même titre que la suggestion, parce que l'une et l'autre ne font que déter-

miner une modification psychique qui, elle, est la cause provocatrice directe qui fait éclater les symptômes.

Quoi qu'il en soit, Bernheim n'a pas tardé à avoir sa revanche. La *Société de Neurologie* et la *Société de Psychiatrie*, dans leur réunion commune annuelle (9-16 décembre 1909 et 13 janvier 1910), ont consacré toutes leurs séances à l'étude du rôle de l'*émotion* dans la genèse des accidents névropathiques et psychopathiques.

Il ne sera pas inutile de nous arrêter un peu sur les principales questions abordées dans ces séances.

On comprend qu'un point devait être traité avant tous les autres : celui de savoir ce qu'on doit entendre par *émotion*.

M. P. Janet avait assumé la responsabilité de préciser ce terme.

L'émotion, pour lui, est « une dépression de la tension psychologique accompagnée de dérivation, déterminée par l'insuffisance de l'adaptation et par les efforts impuissants pour y remédier ».

Avant de condenser sa pensée dans cette formule, le savant Professeur avait donné de l'émotion la définition suivante, un peu plus longue, mais plus abordable : « Il y a des circonstances auxquelles l'individu n'est pas adapté par son organisation antérieure et auxquelles, pour une raison quelconque, il n'est pas capable de s'adapter actuellement, quoiqu'il perçoive ces circonstances et qu'il sente la nécessité de réagir. Dans ces cas, on observe, à la place de la réaction utile, un ensemble de troubles dans toutes les fonctions de l'organisme, et c'est cet ensemble de troubles survenant dans ces conditions que je propose de désigner par le mot « émotion ».

Cette conception de l'émotion a été soumise à la critique des membres de la *Société*. Les uns ont trouvé qu'il y entrait trop de choses, les autres, qu'il n'y en

entrait pas assez ; certains, qu'il y en entrait à la fois trop et trop peu.

Au lecteur, il paraîtra surtout, pensons-nous, que cela manque un peu de précision, et qu'il serait peut-être nécessaire, si l'on veut s'entendre, de distinguer, dans le processus émotif, et le *point de départ*, et les divers *points d'arrivée*.

Le point de départ. Les récentes expériences de Gemelli (1) semblent porter un coup décisif à la théorie de l'*origine périphérique* de l'émotion, dans ce sens que la participation de l'écorce cérébrale serait toujours requise, et qu'il ne suffirait pas de l'intégrité des organes superficiels, même accompagnée de l'intégrité des noyaux de la base (couche optique et noyau caudé). Mais cela n'empêche pas que le point de départ de l'émotion ne puisse être périphérique. Une impression visuelle, auditive, olfactive, gustative, tactile, est capable, l'écorce ainsi que les voies afférentes étant intactes, de déterminer le phénomène émotif. Toutefois, l'excitation périphérique, au moins actuelle, n'est pas indispensable. L'évocation purement psychique d'une émotion déjà éprouvée, d'une parole entendue, d'une humiliation qu'il a fallu subir ou d'une satisfaction qu'on a savourée, d'un danger auquel on vient d'échapper ou qui nous menace encore, etc..., est capable, à elle seule, de faire éclater une émotion. Dans ce cas les organes périphériques de perception n'ont rien à voir, immédiatement, dans la genèse du phénomène. L'excitation encéphalique est toujours nécessaire, mais ici elle ne vient pas du dehors. Il n'y a pas mise en jeu des voies afférentes tégumento-corticales, mais seulement, au maximum, des voies d'association intra- ou interhémisphériques.

Quant aux voies afférentes qui mettent l'écorce en

(1) Ag. Gemelli, *La Teoria somatica dell' Emozione*, 1910.

relation avec les organes sous-jacents, périphériques ou profonds, leur intégrité assure la marche du phénomène émotif jusqu'à ses différents points d'arrivée.

Points d'arrivée. Les points d'arrivée de l'émotion sont mis en évidence par les diverses réactions qui répondent à l'excitation encéphalique. Ces réactions font évidemment partie du tableau émotif ; mais M. Janet a tort, nous semble-t-il, de les confondre avec l'émotion strictement entendue, dans cette définition : « c'est cet ensemble de troubles (les réactions) survenant dans ces conditions, que je propose de désigner par le mot « émotion ».

M. Janet peut bien « proposer » ; mais en vérité, nous ne voyons pas très bien à quel besoin répond le remaniement qu'il propose. Il ne s'agit pas de savoir ce qu'on voudra bien appeler dorénavant *émotion*, mais quelle est actuellement la signification de ce terme. Or ce terme ne désigne pas les troubles réactionnels qui sont la conséquence de l'excitation encéphalique.

D'abord, quels sont ces troubles ? Il ne peut entrer dans notre pensée de les énumérer tous. Certains sont d'observation très commune. Rien n'est plus fréquent, par exemple, que les troubles diarrhéiques provoqués par l'impression qu'éprouve généralement tout homme qui va prendre la parole en public. Suivant les tempéraments, et suivant la nature et l'intensité des excitations, on aura soit des troubles moraux (crainte, angoisse, peur, colère, honte, etc...), soit des troubles glandulaires (hypersécrétion lacrymale, salivaire, sudorale, etc...), soit des troubles viscéraux (vomissements, flatulences, incontinence d'urine, spasmes du tube digestif, palpitations cardiaques, etc...), soit des troubles cutanés relevant des troubles de la circulation (pâleur, rougeur de la face, etc...), soit des troubles de la nutrition, soit des troubles des fonctions génitales,

soit des troubles de la motilité volontaire ou réflexe, soit des troubles psychiques.

Or tous ces troubles sont la résultante de l'impression corticale, que cette impression ait son point de départ au dehors (périphérique) ou dans l'encéphale même (centrale) ; ils sont la manifestation, la traduction sensible de cette impression, et ils font partie essentielle de l'émotion si on entend par émotion le complexus de tous les phénomènes qui se succèdent, du point de départ aux points d'arrivée. Mais la neuropathologie n'a rien à gagner à ne pas parler le langage courant pour le seul plaisir d'avoir son langage à elle. Or le langage courant distingue entre l'excitation (impression corticale) et la réaction (troubles divers), et c'est l'excitation qu'il appelle émotion, et non la réaction. Pour lui, l'hypersécrétion lacrymale, par exemple, n'est pas l'émotion, mais un résultat de l'émotion : il dira de quelqu'un que l'émotion lui fit verser des larmes, marquant bien par là la distinction entre la cause et l'effet, et réservant pour la cause seule le terme d'émotion. La même conclusion se dégage de l'expression courante : être maître de son émotion, c'est-à-dire n'en rien laisser paraître à l'extérieur. Dans ce cas, l'émotion existe, mais on la domine à tel point que les troubles qui d'ordinaire l'accompagnent ne se produisent point. Ces troubles ne sont donc pas l'émotion, puisque l'émotion peut se concevoir sans eux (1).

Or nous ne voyons pas qu'il y ait la moindre raison de s'écarter du langage ordinaire, dans le cas présent.

(1) Les troubles émotifs résultant du choc émotionnel peuvent être séparés *théoriquement* de ce choc ; mais *en fait*, même chez ceux qui se dominent le mieux, l'impression corticale détermine toujours une réaction plus ou moins sensible, et c'est même grâce à cette réaction que nous pouvons nous rendre compte de l'existence du choc. L'impression encéphalique s'accompagnant ainsi toujours au moins d'une ébauche de réaction, nous sommes habitués à confondre les deux phénomènes, ou, quand nous les séparons, à donner au second (la réaction) une importance telle que nous sommes portés à placer dans ce seul phénomène réactionnel l'essence même de l'émotion.

L'émotion consiste donc simplement en une impression, un ébranlement, dont il est fort difficile, impossible si l'on veut, de préciser la nature, mais qui affecte, à n'en pas douter, les éléments anatomiques de l'écorce cérébrale.

On ne peut d'ailleurs nous accuser de matérialiser trop l'émotion en la présentant de la sorte. Nul n'ignore, en effet, que dans l'état de constitution actuelle de l'homme, le psychique, l'immatériel, est avec l'organisme matériel, son conjoint, dans des relations d'interdépendance telle qu'il ne peut exercer son activité qu'avec son concours. Cela n'empêche pas, d'ailleurs, que la volonté ne puisse, dans certains cas, maîtriser l'organisme au point d'inhiber le contre-coup réactionnel des excitations d'ordre sensible ou psychique qui impressionnent les éléments corticaux ; non pas d'une façon tellement radicale que le sujet n'ait même pas conscience d'avoir été impressionné, mais au moins dans cette mesure que rien ne trahit hors de l'encéphale cette impression centrale.

Dans certains cas, disons-nous, car en général la réaction extra-corticale se produit avec la fatalité d'un réflexe, déterminant, selon les circonstances, tels ou tels des troubles que nous avons mentionnés.

Ici une question se pose nécessairement. Nous parlons de l'émotion comme cause provocatrice immédiate des accidents hystériques. Il y a donc une émotion ou un degré d'émotion qui est d'ordre pathologique. D'autre part, on ne peut pas admettre qu'il en soit ainsi de toute émotion ou de tout degré d'émotion.

Comment distinguer les cas normaux de ceux qui ne le sont pas ?

Il est normal, croyons-nous, que la volonté ait assez de force pour réagir dans une certaine mesure contre certaines impressions. Quelle est cette mesure en deçà et au delà de laquelle nous tombons dans le patho-

logique ?... Il n'est au pouvoir de personne de la fixer avec précision. Ce n'est guère que sur les cas extrêmes qu'il est possible de se prononcer. Ainsi, un homme chez qui ne se manifesterait jamais aucune réaction émotive, ne serait certainement pas normal ; et un homme chez qui existerait une incapacité absolue d'enrayer le contre-coup de n'importe quelle excitation, ne le serait certainement pas davantage.

S'il est normal de pouvoir se maîtriser dans certains cas, il est normal aussi que dans d'autres, de par notre constitution même, nous subissions toute la décharge réactionnelle. Que, par exemple, une impression atteigne, d'emblée ou progressivement, un tel degré d'intensité que la vaso-motricité en soit atteinte au point de déterminer une hématidrose (sueur de sang) plus ou moins abondante, cela est une réaction fatale de tout organisme humain, et n'implique nullement dans cet organisme l'existence d'une anomalie quelconque ; les circonstances peuvent être telles qu'il y ait équation normale entre l'ébranlement cutical et le phénomène périphérique de l'extravasation sanguine.

Ce n'est donc pas de l'intensité de la réaction que se peut déduire son caractère pathologique : des troubles émotifs considérables peuvent n'être que la réponse normale de l'organisme à une excitation donnée.

Ce qui sort de la normalité, c'est la disproportion entre le choc émotionnel et le contre-coup organique ou psychique. Et ici encore l'appréciation du caractère pathologique sera de plus en plus difficile, à mesure qu'on s'éloignera davantage des cas extrêmes pour se rapprocher des cas normaux. Mais précisément, au point de vue qui nous occupe, nous avons affaire à des cas extrêmes.

Il s'agit des phénomènes émotifs hystériques. Parmi ces phénomènes, nous n'aurons en vue que les crises convulsives, les paralysies, les contractures, parce

qu'il semble que ceux-là du moins jouisssent du privilège d'être regardés unanimement comme de nature hystérique.

A impression égale, autant du moins qu'on peut en juger, alors que certains organismes ne répondent que par des troubles légers, pouvant presque passer inaperçus, d'autres manifestent des perturbations considérables, comme, par exemple, celles de la grande crise hystérique. A quoi tient cette différence dans la réaction émotive ?

B. *Cause constitutionnelle prochaine*

A la réunion des *Sociétés de Neurologie et de Psychiatrie* dont nous avons parlé, M. H. Claude a soumis à la discussion cette idée qu'à la base de toute réaction émotive anormale se trouverait un état constitutionnel particulier, anormal aussi, de l'*émotivité*.

C'est la réponse à la question que nous venons de poser.

Nous définirions l'*émotivité* une certaine aptitude ou capacité du sujet à réagir d'une façon spéciale sous l'influence d'une cause émotive.

Les éléments de cette aptitude sont de nature à la fois anatomique, physiologique et psychique. Nous n'avons pas, pour le moment, à insister sur ce point.

La discussion au sujet de l'idée émise par H. Claude s'est engagée sur le fait de l'existence ou de la non existence, dans les états névropathiques visés (épilepsie, hystérie, neurasthénie, névroses motrices, névroses traumatiques), d'un trouble de l'émotivité résultant soit d'altérations structurales de l'organisme, soit de déviations, héréditaires ou acquises, des aptitudes fonctionnelles.

On est assez d'accord pour admettre que le choc

émotionnel ne se résout en accidents névropathiques qu'à la faveur d'une prédisposition pathologique qu'on peut et qu'on doit sans doute regarder comme un trouble de l'émotivité. C'est là une question de fait. Quand un sujet présente des symptômes hystériques à la suite d'une émotion, une enquête sur son passé permet presque toujours de conclure à l'existence d'un déséquilibre permanent dans son mode de réaction physiologico-psychique, c'est-à-dire dans son émotivité. Mais il faut aller plus loin dans l'étude du phénomène, et se demander si cette émotivité qui, en fait, existerait toujours, est vraiment nécessaire au développement des troubles névropathiques.

Certains contestent cette nécessité, mais seulement en ce qui touche son caractère héréditaire. L'émotivité pathologique, dans quelques cas, pourrait surgir sur un terrain congénitalement sain, sous un choc émotif suffisamment intense, ou même relativement faible, si le sujet, bien que n'ayant présenté jusque là aucune anomalie de l'émotivité, est cependant, soit par suite d'une mauvaise hygiène, soit par suite du surmenage physique, intellectuel, moral, dans de telles conditions que l'émotivité s'altère sans résistance et que la prédisposition aux accidents névropathiques s'établit en même temps que les premiers accidents eux-mêmes se manifestent.

Cela étant, il reste encore à se demander si l'émotion *seule*, agissant sur un terrain déjà anormal ou préparé à le devenir, suffit à déterminer les symptômes hystériques.

Cette question ne vise à exclure ni la suggestion, ni toute autre cause, comme facteur possible des accidents hystériques, mais demande si, à côté de ces causes, et en dehors d'elles, l'émotion n'est pas capable, à elle seule, de provoquer des crises, des contractures, des paralysies hystériques.

Il paraît tout à fait certain qu'on doit répondre affirmativement. Les faits qui tendent à le prouver abondent. M. Babinski a pourtant refusé de se rendre à l'opinion générale de ses collègues : « Je soutiens que l'émotion à elle seule est incapable de créer une de ces attaques hystériques bien caractérisées, bien réglées, si soigneusement décrites dans les traités classiques. Quand on est en présence d'une pareille crise, on peut affirmer, abstraction faite de la simulation toujours possible, que la suggestion, dont l'imitation demi-consciente est une des formes les plus communes, a joué dans sa genèse le rôle essentiel. »

En quoi consiste donc la suggestion, dont l'influence, d'après Babinski, serait toujours requise pour la détermination de la crise hystérique ?

Elle consiste dans le fait d'introduire une idée dans la mentalité du sujet. Cette idée peut pénétrer de bien des façons. Tous ceux de nos sens qui nous mettent en relation avec le monde extérieur sont autant de portes ouvertes par lesquelles elle peut passer. La suggestion, dans ce cas, viendra du dehors. Mais elle peut être endogène. On peut « se faire des idées », on peut s'en suggérer : c'est l'*auto-suggestion*. Ainsi, la crise hystérique pourra être déterminée par la seule représentation que s'en fera le sujet, ou par la description qu'il en entendra faire, ou par le spectacle d'une crise à laquelle il assistera. Ce dernier cas était autrefois d'observation courante à la Salpêtrière. Babinski ne manque pas de tirer un argument de ce fait : « Les grandes attaques si fréquentes autrefois qui sévissaient à l'état épidémique dans certaines salles ont presque complètement disparu aujourd'hui ; c'est parce que ces attaques ont une semblable origine (la suggestion-imitation) que nous avons sur elles une si grande prise ; elles sont devenues exceptionnelles parce que nous sommes devenus plus habiles à dépister la simulation et que

nous avons appris à mettre en œuvre les moyens propres à écarter la suggestion, la contagion. »

On peut cependant répondre, avec M. Sollier : « Il n'est pas douteux que l'imitation et la suggestion peuvent intervenir dans certaines crises. Mais de là à dire que toute crise est toujours provoquée par la suggestion, l'imitation ou la contagion, il y a loin » ; ou encore avec M. Janet : « Quand vous constatez que dans une salle d'hôpital ou même dans une salle de consultation plusieurs femmes entrent en crise parce qu'il y a eu devant elles une première crise nerveuse, vous soutenez que le seul fait psychologique en jeu a été l'imitation. Pourquoi ne voulez-vous pas reconnaître que ces femmes ont eu aussi de l'émotion et qu'elles ont eu peur de la crise de nerfs tout simplement ? »

D'ailleurs, Babinski en appelle aux grandes crises classiques du temps de Charcot ; or on admet assez volontiers que ces crises, qu'on nous passe l'expression, étaient des crises *truquées* : « M. Babinski, dit Dejerine, nous dit que les cas que je viens de rapporter ne sont pas des exemples de la grande crise hystérique telle qu'on la décrit généralement et telle qu'il la comprend. Or j'affirme que mes malades avaient des crises très fortes et très longues. Elles n'avaient pas la grande crise dite classique avec ses différentes périodes, qui était d'observation banale autrefois à la Salpêtrière ; mais cette crise-là, je ne l'ai *jamais* vue dans la pratique privée et, dans la pratique hospitalière, je ne l'ai observée que chez des malades qui avaient été cultivées. Depuis plus de vingt ans je suis convaincu et j'enseigne que cette crise dite classique est une crise artificielle, un produit de culture obtenu dans un milieu spécial. »

Ainsi engagée, l'opposition à Babinski dont les idées semblaient avoir naguère si complètement triomphé

de toutes les résistances, a pris le caractère d'une véritable exécution.

A qui sera assez indépendant pour juger en dehors de toute passion d'école, il semblera sans doute que des innombrables observations cliniques qui forment actuellement le dossier de l'hystérie se dégage seulement cette conclusion qu'un ébranlement mental, quelle qu'en soit l'origine, est capable de déterminer chez certains sujets des troubles hors de proportion avec la cause qui les a fait naître, et cela parce que chez eux quelqu'un au moins des éléments qui constituent ou conditionnent la faculté de réaction, est plus ou moins profondément altéré.

Peut-être serait-il possible de s'entendre sur cette formule générale. Or il n'est nullement nécessaire d'en chercher une plus précise. Que l'origine de l'ébranlement doive être rapportée à l'émotion ou à la suggestion, cela importe d'autant moins qu'émotion et suggestion ne sont peut-être qu'une seule et même chose sous deux noms différents. Prenons un cas ; celui-ci par exemple relaté par M. Crocq : « Une jeune femme se trouvait, il y a cinq ans, dans un train stationnant en gare de Namur, elle regardait placidement les manœuvres. A un moment donné, elle vit arriver, droit sur elle, une locomotive ; celle-ci grossissait rapidement et se dirigeait nettement vers son compartiment, par une voie de traverse. Elle eut l'impression qu'elle allait être écrasée ; mais, au moment où la locomotive atteignit son wagon, elle s'arrêta net, ne provoquant même pas la moindre secousse. Immédiatement la jeune femme présenta une paraplégie flasque avec anesthésie remontant jusqu'à l'ombilic ; les réflexes tendineux étaient forts, les cutanés abolis. Il fallut près de deux ans pour guérir cette paralysie sensitivo-motrice. »

Voilà incontestablement un cas d'accidents névropathiques déterminés par l'*émotion*.

Changeons les circonstances. Supposons une jeune femme chez elle, lisant le récit que vient de faire M. Crocq, et présentant à la suite de cette lecture les mêmes symptômes que ceux rapportés dans le cas : paraplégie flasque, etc... Admettons d'ailleurs que le récit n'ait produit chez la personne en question aucune commotion sensible appréciable.

Voilà un cas de suggestion, dira Babinski. La seule idée des troubles névropathiques produits chez un tiers a suffi pour reproduire ces mêmes troubles.

Au fond, que s'est-il passé ?

Dans le cas réel, le point de départ de l'impression encéphalique organo-psychique a été la vue de la machine abordant le wagon, et cette vue s'est accompagnée de sentiments d'angoisse et de peur. Dans le cas fictif, rien de périphérique, de sensoriel, dans le point de départ de l'impression : il n'y a eu que la seule représentation mentale des circonstances de l'accident, et cette représentation mentale a exercé son action à froid. Mais en somme, et à s'en tenir à l'essentiel des phénomènes, les deux cas sont les mêmes : dans l'un et dans l'autre la réaction névropathique dérive d'un ébranlement cortical : seulement il semble reçu qu'on réserve le terme *émotif* pour les cas où cet ébranlement s'accompagne de troubles suffisamment intenses, viscéraux ou autres.

En tous cas, et c'est là le point important, l'ébranlement mental, quelle que soit la cause qui le provoque, ne détermine les accidents hystériques qu'à la condition d'agir sur ce que nous appellerions, pour nous tenir en dehors de toute controverse, une *réactivité* pathologique existant déjà ou créée au moment même.

C'est cette réactivité pathologique qui constitue l'*état hystérogène*, et elle consiste en une altération de l'ap-

titude, propre à tout organisme humain, à réagir normalement sous l'action d'une impression psychique corticale. Mais en quoi consiste cette altération elle-même ? En une triple tendance, dit M. Sollier : tendance à l'*inhibition*, tendance à la *dissociation*, tendance à la *persistance*. Tendance à l'inhibition, « d'où paralysies et troubles sensitifs et fonctionnels en général » ; tendance à la dissociation, « d'où multiplicité des manifestations sans liens entre elles, et suggestibilité par suite de la rupture des associations permettant le contrôle réciproque des actes et des représentations » ; tendance à la persistance, « à la fixation des effets de l'émotion, des états dissociés ».

Comment, d'après cela, concevoir, par exemple, la production d'une crise nerveuse convulsive ?

Cette crise sera une réaction du système nerveux contre la tendance pathologique inhibitrice qui incline vers la paralysie et qui, exagérée par l'émotion ou tout autre cause, produit d'abord, en effet, l'arrêt des fonctions motrices : « Les crises ne sont que des réactions de l'organisme pour récupérer des fonctions motrices ou sensitives inhibées... Qu'un sujet perde connaissance sous l'influence d'une émotion, il y a perte de la sensibilité, de la motilité, de la conscience, arrêt plus ou moins marqué de diverses fonctions. Lorsqu'il revient à lui, les réactions qu'il présente sont ce qu'on appelle la crise, qui, suivant les régions cérébrales atteintes, prendra la forme de mouvements, de sensations, d'hallucinations, de souvenirs, etc. »

A une inhibition motrice exagérée jusqu'à la paralysie succéderait donc comme une suppression totale de cette inhibition, qui abandonnerait l'organisme à la merci d'une force sans frein : c'est une roue libérée de sa courroie, qui tourne folle. Une comparaison plus proche de la réalité nous serait fournie par les phénomènes de réflectivité médullaire qui se manifestent dans un orga-

nisme après suppression de l'influence régulatrice des centres supérieurs.

c. *Cause constitutionnelle éloignée*

Il reste à nous poser une dernière question. L'ébranlement central, *cause provocatrice*, détermine les accidents hystériques par suite d'une anomalie de la faculté réactionnelle du sujet, *cause constitutionnelle prochaine*. Mais cette anomalie elle-même, à quoi tient-elle ? En indiquer l'origine, c'est donner la raison dernière et fondamentale de l'état hystérogène et des symptômes de l'hystérie ; c'est dire quelle est la *cause constitutionnelle éloignée* de cet état et de ces symptômes.

On a dit que les anomalies réactionnelles tenaient à un état pathologique ordinairement héréditaire, mais pouvant aussi s'acquérir, ce qui est de toute évidence pour le premier au moins de la lignée qui a présenté ces anomalies. Quant aux facteurs qui interviennent dans la constitution de cet état pathologique des facultés de réaction, ils seraient de nature très diverse, selon les individus et selon les milieux : hygiène et alimentation défectueuses, surmenages de toute sorte, excès alcooliques, etc... Ce qui surtout nous intéresse, c'est de connaître la façon dont tous ces facteurs agissent pour modifier la réactivité dans le sens anormal. Ce serait, d'après H. Claude, en déterminant une modification du système nerveux, modification qui consisterait soit en des altérations organiques, soit en des déviations des aptitudes fonctionnelles.

D'altérations structurales, on déclare ne pas en con-

naître. L'examen histologique des centres nerveux des sujets hystériques n'a jamais révélé la moindre lésion (1).

Il faut avouer pourtant que presque tous ceux qui s'occupent de près ou de loin de ces questions, réclament comme absolument nécessaire une altération organique à la base de l'état réactionnel pathologique.

Ce terme d'altération ou de *lésion* organique, devrait d'ailleurs se prendre dans un sens très large, comme le faisait remarquer, en 1907, le Dr Raymond, dans ses *Névroses et psycho-névroses*, en admettant que la lésion pouvait être simplement d'ordre chimique ou physique. De quelque nature qu'elle soit, il en faut une : « Personne, je crois, à l'heure présente, ne songe à admettre la possibilité de troubles morbides complètement indépendants de toute modification organique. Un tel langage nous semblerait inintelligible, puisqu'il se ramènerait à cette affirmation qu'il peut exister des effets sans cause (2). »

Non, un tel langage ne se ramène pas, du moins nécessairement, à cette affirmation, car on peut peut-être concevoir que la fonction soit atteinte en elle-même, directement, l'organisme restant au point de vue structural, chimique et physique, absolument normal, auquel cas le trouble morbide aura une cause, sans qu'il soit nécessaire qu'une modification organique intervienne.

Il est vrai que si nous admettions que l'altération des

(1) Nous verrons plus loin ce qu'il faut penser des rares faits contraires qu'on a observés jusqu'ici.

(2) *Névroses et Psycho-névroses*, p. 3, (Paris, 1907). — La Neuropathologie a fait une perte très sensible dans la personne du professeur F. Raymond, mort le 28 septembre dernier. On a beaucoup loué ses connaissances scientifiques, ses qualités professorales, la dignité et l'amabilité de son caractère. On aurait pu signaler aussi, comme le faisait remarquer LA CROIX du 9 novembre, qu'il avait fait la fin la plus chrétienne, après avoir vécu d'ailleurs en catholique pratiquant. Raymond avait succédé à Charcot en 1894 dans la chaire de clinique des maladies du système nerveux, à la Salpêtrière.

facultés réactionnelles, est une altération purement fonctionnelle, cela reviendrait à dire que l'organisme est parfaitement sain, mais que l'âme ne pourrait le gouverner normalement, à cause d'un déficit qui lui serait propre. Or certains penseraient peut-être qu'une pareille opinion, en philosophie spiritualiste, n'est pas soutenable. La question cependant, à notre très humble avis, pourrait être discutée.

D'abord, nous ne voyons pas très bien pourquoi la présence de l'âme dans l'organisme humain chasserait de cet organisme tout autre principe d'activité. Nous pensons, au contraire, qu'il existe de fort bonnes raisons de croire à la nécessité de principes spéciaux, présidant, d'une façon permanente, dans chaque élément anatomique, à la production des phénomènes physiques, chimiques et physiologiques, propres à chacun de ces éléments. Or nous concevons qu'il puisse exister, d'un individu à l'autre, des différences, même considérables, dans l'énergie, par exemple, de ces principes cellulaires ; et cela suffirait à expliquer comment il se fait que les facultés réactionnelles d'un individu donné ne se comporteront pas comme les facultés réactionnelles d'un autre, sous l'influence de deux incitations de même nature et de même intensité.

On pourrait se poser une question ultérieure et se demander à quoi tient précisément cette différence qui affecte directement les principes cellulaires. Nous pourrions répondre qu'elle est primitive, ce qui équivaudrait à dire que nous n'en savons rien, et, en fait, c'est bien là la seule réponse que nous ayons à donner ; mais cela prouve tout simplement que cette conception, comme toute autre, aboutit, en fin de compte, au mystère, et à qui s'en étonnerait, nous n'aurions vraiment rien à dire : nous nous contenterions de nous étonner nous-même de sa naïveté.

Mais certains penseront peut-être qu'admettre

l'existence, dans l'organisme humain, de principes cellulaires distincts de l'âme, c'est non seulement abandonner la théorie de l'unicité de forme, mais compromettre l'unité même du composé humain. Plutôt que de tenter de les convaincre du contraire, nous préférons porter pour eux la question sur l'âme elle-même.

Toutes les âmes ne sont pas égales. Saint Thomas le prétend (1). On a essayé de lui faire dire le contraire, et cela, dit Cajetan, n'est pas seulement le fait des adversaires avoués de saint Thomas, mais aussi de quelques thomistes. Et pourtant, ajoute le docte commentateur, soit dans le corps de l'article, soit dans la réponse à la dernière objection, saint Thomas affirme ouvertement l'inégalité des âmes humaines, ce que d'ailleurs il avait déjà expressément écrit dans le second livre des *Sentences* (disp. XXXII). Laissons de côté ces aveugles, dit Cajetan, avec un dédain que nous ne voulons pas prendre à notre compte, et occupons-nous des objections des autres contradicteurs.

Pour préciser le sens de ces objections, rappelons la thèse soutenue par saint Thomas. Il s'agit de savoir comment il peut se faire que de deux individus qui s'appliquent à comprendre une seule et même chose, l'un la comprenne mieux que l'autre, soit parce que les puissances inférieures que l'intelligence utilise pour ses opérations sont dans un meilleur état chez l'un que chez l'autre, soit parce que l'intelligence elle-même est plus ou moins parfaite, ce qui s'explique par cette raison que l'âme doit être en harmonie avec le corps qui la reçoit, et ainsi, selon les dispositions de leur organisme, il est donné aux hommes une âme dont la puissance intellectuelle est plus ou moins grande (2).

(1) *Sum. theol.*, pars prima, quæst. LXXXV, art. 7.

(2) « Unde cum etiam in hominibus quidam habent corpus melius dispositum, sortiuntur animam majoris virtutis in intelligendo. »

Mais si l'on conçoit qu'une âme puisse avoir une puissance intellectuelle ou plus forte ou plus faible, il n'est pas difficile de concevoir que sa puissance réactionnelle puisse, elle aussi, comporter des degrés. Et ainsi, les facultés de réaction d'un individu, comparées à celles d'un individu différent chez qui nous les considérons comme normales, pourront prendre un caractère relativement anormal, pathologique.

Des objections ont été soulevées contre cette théorie de l'inégalité des âmes. La plus sérieuse se formule ainsi : puisque les dispositions du corps, quand il reçoit l'âme, déterminent la qualité de cette âme, d'autres dispositions survenant dans le cours de la vie pourront aussi la modifier, et de la sorte, une âme sera sujette à de perpétuelles variations.

Cajetan répondait à cette difficulté en disant que le corps ne détermine pas, par une action physique sur l'âme qu'il va recevoir, le degré de perfection substantielle de cette âme. Les adversaires se trompent en ce qu'ils prennent pour une cause ce qui n'en est pas une : « Respondetur quod ratio peccat secundum *non causam ut causam*. » Les dispositions du corps ne sont qu'une *occasion*.

On objectera sans doute que les dispositions venant à changer, l'âme devrait changer aussi, à l'*occasion* de ces dispositions nouvelles, mais Cajetan répond que l'âme, une fois constituée dans un degré de perfection physique substantielle, doit rester dans ce degré, car elle est de l'ordre des substances immuables (1).

Cette opinion étant admise, une difficulté subsiste encore, au point de vue spécial qui nous occupe. C'est

(1) « Quia anima humana non causatur ex corpore, sed in suo tantum fieri dependet ex corpore non ut causa, sed ut occasione ; consequens est quod anima hæc, cum fit, sortiatur commensurationem substantialem ad corpus sic complexionatum ut invenitur in illo initio, et eam semper retineat necesse est, quia intransmutabilis substantiæ est. » *Sum theol.*, pars 1ª, q. LXXXV, art. 7, comment.

que, en effet, l'état pathologique, ou, si l'on veut, l'état moins parfait de l'âme dans le sens des facultés réactionnelles, tient, en dernière analyse, à une disposition organique défectueuse, et, par conséquent, les accidents hystériques qui dérivent des anomalies réactionnelles, ne constitueraient pas une maladie purement fonctionnelle, dynamique, psychique. Mais la disposition organique défectueuse dont il s'agit ne comporte pas nécessairement une altération cellulaire physique, chimique ou structurale, elle peut consister simplement, par exemple, en une disproportion relative des organes, disproportion qui ne sera pas suffisante pour placer le sujet, anatomiquement, hors de la normalité, mais qui, d'autre part, s'éloignera assez de la constitution idéale pour *occasionner* l'introduction dans l'organisme d'une âme en *déficience* fonctionnelle relative.

Il est vrai encore, qu'ainsi entendue, la cause psychique qui détermine la réactivité pathologique serait nécessairement congénitale. Mais ce caractère congénital, peut-être faut-il l'admettre, quelle que soit l'opinion que l'on soutienne : « Je ne suis pas du tout convaincu que l'on puisse devenir hystérique ou neurasthénique sans une prédisposition héréditaire » (Dejerine) ; « Cette émotivité peut-elle être héréditaire ou acquise ? Je crois qu'elle est héréditaire, comme le caractère lui-même dont elle est une des parties constituantes » (Sollier).

Il semble donc qu'il soit possible de concevoir les accidents hystériques comme d'origine purement psychique ; mais avons-nous des raisons de croire que cette conception est la vraie, ou du moins la plus probable ?

De raison péremptoire, non. Voici tout ce qu'on peut avancer : si les troubles hystériques sont sous la dépendance d'une lésion organique, on ne conçoit que très difficilement leur disparition parfois subite, et définitive, sous l'influence d'une émotion ou d'une suggestion.

Comment se peut-il qu'en persuadant à un malade qu'il est en bonne santé, ses tissus réparent instantanément leurs lésions, et que l'organisme reprenne sur-le-champ sa marche normale, sans trace de l'état antérieur ?...

Il nous semble que dans l'hypothèse de troubles purement fonctionnels, l'influence de la psychothérapie s'explique beaucoup mieux, ou, tout simplement, s'explique, alors qu'elle ne paraît pas pouvoir s'expliquer dans le cas contraire.

Supposons un homme psychiquement normal sous le coup d'une émotion d'intensité moyenne. Cette émotion pourra bien déterminer en lui quelques réactions périphériquement perceptibles, comme, par exemple, une légère rougeur ou pâleur de la face ; mais ces troubles ne seront jamais ni bien intenses ni très étendus. Sous l'influence de la même émotion, un hystérique manifestera des troubles d'une tout autre intensité et d'une tout autre amplitude : crise convulsive, contractures, paralysies, anesthésies, pour ne parler que des plus caractéristiques.

Le premier, par un effort de sa volonté, ou inconsciemment, par suite d'une habitude prise de se dominer, en tous cas, par l'effet d'une action psychique sur l'organisme, a enrayé la réaction ; l'autre au contraire, l'a laissée se développer dans toute son ampleur, soit à cause d'une dépression plus ou moins profonde de sa volonté, soit par le fait d'une habitude prise de laisser le processus émotif se dérouler sans entraves.

Qu'on réussisse, par persuasion, à déterminer ce sujet hystérique à un effort de volonté, et cela suffira pour que lui aussi puisse barrer la route au courant nerveux de retour et pour que les accidents névropathiques que ce courant détermine, ou bien disparaissent instantanément et radicalement, ou tout au moins s'amendent.

Toutefois, la durée des accidents ou leur fréquence

peut avoir déterminé à la longue une lésion organique, ou transformé en réflexes des réactions qui étaient, au début, sous la dépendance de la volonté ; et cela explique pourquoi les symptômes sont souvent très tenaces, et pourquoi la psychothérapie peut être, dans certains cas, presque complètement inefficace.

Mais les explications que nous venons de donner ne perdent-elles pas quelque peu de leur valeur, beaucoup même, si l'on tient compte des faits de lésions organiques observés chez des sujets atteints d'hystérie ?

Il convient de faire remarquer tout d'abord, en faveur de la thèse organique, que le nombre des maladies classées sous la rubrique *maladies fonctionnelles du système nerveux*, diminue de plus en plus. Successivement sont sortis de ce groupe : la Chorée de Sydenham, la maladie de Basedow, la maladie de Parkinson, le vertige de Ménière. On y garde encore l'épilepsie essentielle, mais avec l'espoir de l'en chasser bientôt. Le même sort n'attend-il pas l'hystérie, la neurasthénie, la psychasthénie, les neuroses traumatiques, le nervosisme ?... On l'espère aussi.

Sur quoi se fondent ces espoirs ?... Sur les résultats fournis par l'examen histologique des centres nerveux de sujets atteints de névroses. Sans doute, les faits sont encore peu nombreux et peu concluants : mais ils constituent au moins une indication, et c'est assez pour encourager les chercheurs.

Deux cas de ce genre ont été présentés, il y a trois ans, à la Société de *Neurologie* (séance du 4 juillet 1907), par M. H. Claude.

Le premier concerne Etchev, la fameuse hystérique de la Salpêtrière, exploitée par Charcot, et qui elle-même, s'il faut en croire Brissaud, exploitait un peu le grand homme. L'examen de ses centres nerveux a révélé dans le cerveau « une sclérose méningée très marquée au niveau des circonvolutions frontale gauche,

frontale ascendante gauche, enfin également aussi, à un moindre degré, sur la frontale ascendante droite », et dans la moelle, « une plaque de sclérose légère dans la région radiculaire antérieure du VIe segment cervical à gauche, et une hémiatrophie du cordon antéro-latéral du côté droit sur tout l'axe spinal ». Or le sujet, en fait de troubles nerveux, n'a jamais présenté que des troubles hystériques. Ceux-ci relèvent donc incontestablement des lésions centrales, encéphaliques et médullaires, révélées par l'examen histologique des centres nerveux du dit sujet.

Il faut remarquer, cependant, qu'à côté de ces lésions en existaient d'autres, qui se rapportaient certainement à la sénilité, et peut-être faut-il donner à toutes la même signification. Le fait que l'aspect des méninges, aux endroits précités différait de celui des méninges des autres régions, ne prouverait pas, de façon péremptoire, que les altérations correspondant à ces régions-là relèvent d'une cause *essentiellement* différente.

D'autre part, il se peut fort bien que Etchev ait présenté d'autres troubles nerveux que ses troubles hystériques. Ces troubles ont pu ne pas attirer l'attention et être mis comme les autres au compte de l'hystérie, cette corbeille, selon l'expression de Lassègue, « dans laquelle on jette les papiers qu'on ne sait où classer ».

Il se peut encore que les lésions spéciales des centres nerveux signalées par M. Claude, ne se soient manifestées par aucun symptôme appréciable. Ce ne serait pas la première fois que des altérations centrales, même plus graves que celles dont il s'agit, ne se seraient traduites par aucun déficit sensible, ni moteur, ni autre.

Le second cas est celui d'un hystérique chez qui on a relevé « une méningite fibreuse ancienne des circonvolutions frontales et rolandiques du côté droit, une hémiatrophie de la moelle à gauche, une poliomyélite

partielle à droite dans la région cervicale inférieure, enfin des lésions de méningo-radiculite diffuse surtout dans la région lombo-sacrée, avec sclérose marginale légère et atrophie de quelques cellules des cornes antérieures ». Or le malade a présenté des troubles moteurs considérables, qui ne sont pas en rapport avec les lésions organiques relevées dans ses centres. Ces troubles moteurs auraient donc été amplifiés par l'hystérie. Mais ce raisonnement prouverait tout au plus que l'hystérie, quand elle coexiste avec d'autres affections morbides, est capable d'en modifier l'allure ; il n'en résulterait pas que l'hystérie est nécessairement due à des lésions cérébrales ou médullaires, ni à une lésion organique nerveuse quelconque.

Les faits rapportés par M. Claude ne sont pas les premiers en date. L'année précédente, Herm. H. Hoppe avait, lui aussi, rattaché certains symptômes hystériques à des lésions organiques centrales (1). Ces lésions seraient localisées dans les cellules ganglionnaires du cerveau. Elles résulteraient d'un déséquilibre nutritif : le catabolisme l'emportant sur l'anabolisme, la cellule s'épuiserait beaucoup plus vite qu'elle ne réparerait ses pertes et deviendrait, par suite, plus ou moins rapidement incapable de fonctionner. Malheureusement, les troubles hystériques coïncident, dans les cas cités par Hoppe, avec d'autres troubles, et il nous paraît bien difficile de déterminer si ces derniers ne sont pas précisément les seuls à relever des altérations nerveuses métaboliques, les troubles hystériques étant dus à d'autres causes. Comment, d'ailleurs, Hoppe peut-il expliquer, dans son hypothèse, la guérison subite des symptômes hystériques par la seule influence d'une suggestion ? Comment une idée intro-

(1) *Hysterical Stigmata caused by organic brain lesions.* THE JOURNAL OF NERVOUS AND MENTAL DISEASE, vol. XXXIII, n° 2, février 1906.

duite dans la mentalité du sujet peut-elle, *instantanément*, rétablir dans leur état normal des cellules atrophiées ?...

Ces observations, on le voit, n'offrent pas à l'étiologie hystérique une base bien ferme. Peut-être lui assurerait-on un fondement plus solide si on orientait sérieusement les recherches névropathiques sur le terrain des intoxications d'origine glandulaire.

Tout le monde sait que des impressions purement psychiques peuvent déterminer certaines sécrétions. Non seulement la vue, mais même la simple idée, par exemple, d'un fruit succulent, « fait venir l'eau à la bouche », c'est-à-dire, provoque une hypersécrétion des glandes salivaires. Moins facilement observable, mais tout aussi réel, dans les mêmes conditions d'excitation, est le fonctionnement des glandes de l'estomac. Pourquoi une émotion ne déterminerait-elle pas tout aussi bien une production anormale, instantanée, de toxines, de la part des glandes à sécrétion interne ? On conçoit d'ailleurs que ces toxines, portées par le sang dans les centres nerveux, puissent y produire, soit immédiatement, soit après un laps de temps plus ou moins long, des altérations qui seront le point de départ organique des accidents névropathiques. En raisonnant de la sorte, nous ne sommes pas dans le domaine de la fantaisie pure : il semble incontestable, en effet, que le nervosisme, dans certains cas, est d'origine glandulaire ; or, pour quelques neuropathologistes l'hystérie de l'adulte ne serait que l'épanouissement du nervosisme du jeune âge.

Conclusions

L'impression dominante qui se dégage de tout ce que nous ayons dit sur la *Grande Névrose*, c'est sans doute

que nous ne sommes pas sortis, à son sujet, de l'ère des controverses et des solutions provisoires. On ignore complètement quelle est la cause dernière de l'hystérie; on discute sur ses causes déterminantes, et on ne s'entend même pas sur ses symptômes : c'est malheureusement là ce qu'il y a de plus clair dans cette question qui passionne tant d'esprits, même en dehors des gens de métier.

Cela n'autorise pourtant pas à crier, sans plus, à la banqueroute de la Neuropathologie. Cette science a accompli tout au moins, en psychopathie, une œuvre de déblaiement qui s'imposait. Nous avons cité la parole de Lassègue, critiquant cette conception qui faisait de l'hystérie « une corbeille dans laquelle on jette tous les papiers qu'on ne sait où classer ». Cette conception, Baglivi l'avait déjà, en 1696, nettement formulée dans son *De praxi medica ad priscam observandi rationem revocanda*. Quand une affection, disait-il, refuse de céder à des remèdes appropriés, et qu'elle présente une marche insolite, très différente de celle qui convient à sa nature, on est en droit de soupçonner l'existence de l'hystérie.

C'est à la faveur de cette doctrine que l'hystérie avait été libéralement dotée d'une quantité considérable de perturbations qui n'avaient rien à voir avec elle.

Parmi ces perturbations, celles qui se rattachent au caractère moral et intellectuel des hystériques méritent une mention spéciale.

La réaction sur ce point avait déjà commencé avec Legrand du Saulle : « Qu'on le sache bien, écrivait-il, la femme hystérique a été calomniée : elle n'est point asservie à la sensualité... Les femmes les plus chastes et les plus honnêtes peuvent être hystériques. L'hystérie est une maladie nerveuse qui n'a rien à voir avec certains appétits sensuels ».

Les observations ultérieures n'ont fait que confirmer

cette appréciation. Nous avons entendu Bernheim déclarer, au Congrès de Genève-Lausanne : « On a parlé de caractère des hystériques : menteuses, simulatrices, perfides, érotiques. C'est l'hystérique de roman que je ne rencontre pour ainsi dire jamais ».

Les mêmes réserves s'imposent au point de vue intellectuel. Au même Congrès de Genève-Lausanne, M. Pailhas déclarait que « l'hystérie n'exclut aucun degré de l'activité psychique, fût-il génial », et M. Dupré affirmait, en décembre 1909, à la Société de *Neurologie*, que l'émotivité hystérique n'est nullement incompatible avec une intelligence normale et même supérieure.

Hystérie n'est donc synonyme ni de faiblesse d'esprit, ni de dépravation morale. Sans doute, il y a eu des hystériques imbéciles et immoraux ; mais cela ne prouve pas qu'il existe un lien nécessaire entre toutes ces perturbations. L'hystérique est susceptible, tout comme un sujet normal, de la plus haute perfection morale ; il peut aspirer à la sainteté et y atteindre, même par la voie des états mystiques les plus élevés.

Les perturbations non hystériques étant écartées, la symptomatologie de la grande Névrose se trouve singulièrement réduite ; il ne subsiste que quelques phénomènes consistant en contractures, paralysies, anesthésies, crises nerveuses convulsives. Ces phénomènes, surtout par leur mode d'apparition et de disparition, constituent un groupe à part, probablement caractéristique d'une altération spéciale, soit organique, soit purement fonctionnelle, qui fait de l'hystérie une véritable individualité pathologique, différente du nervosisme, de la neurasthénie, de la psychasthénie, de l'épilepsie essentielle. Peut-être, cependant, toutes ces affections nerveuses sont-elles dues à une cause fondamentale, la même chez toutes, mais variable d'intensité. Ce qui semblerait le faire croire, c'est la nécessité où

l'on s'est trouvé de concevoir des formes intermédiaires, comme l'hystéro-neurasthénie, l'hystéro-épilepsie.

Quant à la nature de cette cause fondamentale, on en est réduit aux conjectures. Toutefois, le fait que les troubles hystériques en particulier sont sous la dépendance plus ou moins absolue de commotions d'ordre psychique, porte à croire que ces troubles se développent sur un terrain à réactivité anormale, le plus souvent héréditaire.

Le caractère pathologique de cette réactivité consisterait dans la suppression des forces normales d'inhibition qui, à l'état sain, modèrent et régularisent les divers phénomènes qui constituent la réponse de l'organisme à une excitation anatomo-psychique. Cette suppression elle-même serait le résultat, soit d'une lésion organique (physique, chimique ou structurale), soit d'une condition native affectant le dynamisme lui-même, indépendamment de toute lésion des organes.

On le voit, le champ reste encore ouvert aux observations et aux hypothèses. Et d'ailleurs, il est parfaitement évident que les chercheurs de plus tard, comme ceux d'aujourd'hui, qui voudront, en ces matières, pousser jusqu'à la raison dernière leurs investigations, en fin de compte, se heurteront au mystère. C'est la condition de toute science : il faudrait, pour s'en étonner, être par trop simple d'esprit.

L. Boule, S. J.

LE
PAYS D'ORIGINE DES INDO-EUROPÉENS

I

Chacun sait que le sanscrit, parlé autrefois dans le nord de l'Inde, les idiomes anciens et modernes de l'Iran (Perse, Afghanistan, Beloutchistan), l'arménien, le grec, le latin et la plupart de nos langues d'Europe (celtiques, germaniques, baltiques et slaves), forment ensemble une seule famille linguistique, la famille indo-européenne. Le terme de parenté appliqué à un groupe linguistique a un sens bien précis ; il signifie qu'en remontant assez haut dans l'histoire, l'on trouve, au lieu de la multiplicité des parlers actuels, une seule et même langue primitive à l'origine de chacun d'eux. En d'autres termes, il y a eu tout d'abord un langage que nous appelons l'indo-européen ; à la suite d'une évolution de plusieurs siècles qui l'a transformé dans la bouche d'un certain groupe d'hommes, l'indo-européen est devenu le sanscrit ; une autre évolution du même idiome dans une autre famille a abouti à ce que nous connaissons sous le nom de grec ; dans un troisième groupement humain, les modifications ont pris une direction encore différente et ont produit le latin ; et ainsi de suite. Il est donc parfaitement exact de dire que le sanscrit, le grec, le latin, etc., ne sont que de l'indo-européen diversement modifié dans chaque unité ethnique. Non seulement toutes ces langues ont un

vocabulaire en grande partie commun, mais, ce qui est beaucoup plus probant, la structure grammaticale est la même dans chacune d'elles : partout on trouve, aux époques anciennes du moins, les trois genres, masculin, féminin, neutre ; les trois nombres, y compris le duel ; la déclinaison et la conjugaison avec les mêmes formes essentielles. L'unité primitive du langage indo-européen fait si peu de doute aujourd'hui que les linguistes n'hésitent pas à le reconstruire de toutes pièces au moyen des débris qu'en ont conservés les diverses langues dérivées. De ce que *il est* s'exprime en sanscrit et en zend par *asti*, en grec par ἐστί correspondant au latin *est*, celtique *is*, germanique *ist*, lithuanien *èsti*, vieux slave *jesti*, on conclut que l'indo-européen disait déjà *esti* en ce sens, *es-* étant racine (« être ») et *-ti* l'indice de la 3e personne du singulier ; et l'on raisonne de même dans tous les cas analogues.

Si l'unité des langues indo-européennes est une acquisition définitive de la science — et de fait la démonstration donnée par Bopp dans sa *Grammaire comparée* n'a plus été combattue tant il paraissait impossible de l'ébranler ; — si par conséquent l'existence d'une langue indo-européenne s'impose, il nous faudra admettre aussi qu'il y a eu un groupe d'hommes pour la parler. Les découvertes linguistiques de Bopp et de ses successeurs entraînent un corollaire historique d'une importance capitale : l'existence d'un peuple indo-européen auquel se rattachent tous les peuples parlant aujourd'hui des langues indo-européennes.

Les idiomes indo-européens se classent en plusieurs groupes que nous ramenons à quatre principaux :

I. Groupe occidental : langues *hellénique ; italiques* (latin avec l'osque et l'ombrien dans l'Italie ancienne) ; *celtiques* (gaulois ancien ; dialectes modernes, distincts du gaulois : irlandais, gaélique, gallois, bas-breton) ; langues *germaniques* anciennes et modernes.

II. Groupe balto-slave : *a)* langues baltiques : *vieux prussien* (en Prusse, éteint depuis le XVIIe siècle) ; *lithuanien* et *letton* (Lithuanie et Courlande en Russie).

b) Langues *slaves :* à l'est le russe, au sud le serbe, le bulgare et le slovène ; au nord-ouest, le polonais et le tchèque.

III. Langues *thrace* et *phrygienne* dans l'antiquité ; l'*arménien* ancien et moderne.

IV. Groupe arique ou irano-indien : langues de l'Iran (Perse, etc.) ; de l'Inde du nord, *sanscrit* et langues dérivées du sanscrit (1).

Les peuples parlant actuellement ces différents idiomes couvrent la plus grande partie de l'Europe. A l'ouest, le petit îlot basque au pied des Pyrénées est la seule terre non indo-européenne ; en revanche, au nord et à l'est, les peuples de langue finno-ougrienne (Lapons, Finnois, etc.) enserrent le monde slave et possèdent une enclave importante, la Hongrie, dans l'Europe centrale, tandis que leurs cousins (au point de vue linguistique du moins), les Turco-Tartares achèvent de séparer les Indo-Européens d'Europe de leurs frères d'Asie. Ceux-ci comprennent une nation peu nombreuse en Arménie et des masses de peuples imposantes dans l'Iran et dans l'Inde. Même sans y comprendre l'Amérique, la conquête la plus récente de notre famille linguistique, le monde indo-européen compte des centaines de millions d'hommes parlant tous une seule langue indo-européenne, diversement transformée et altérée selon les lieux, mais se rattachant indubitablement au premier noyau que nous avons appelé

(1) On réunit souvent sous le nom de groupe *satem* les trois derniers groupes que l'on oppose au premier, dit groupe *kentum (satem* signifie cent en zend comme *centum*, prononcé *kentum*, en latin). Nous retrouverons plus bas cette distinction fondée sur le traitement des gutturales indo-européennes. — Pour être complet, il faut ajouter au tableau la langue *tocharique* dont nous reparlerons, et l'*albanais* qui semble le dernier vestige d'un groupe illyrien.

le peuple indo-européen. Cette expansion prodigieuse appelle une explication et l'on se demandera quelle est l'origine des Indo-Européens, d'où ils sont partis et comment s'est opérée leur diffusion.

La conquête violente, la colonisation, l'absorption d'éléments allogènes rendent compte aux époques historiques de l'expansion des peuples de langue indo-européenne aux dépens d'autres nations (1). Nous connaissons des phénomènes analogues à l'époque contemporaine. Si aujourd'hui quatre-vingt-dix millions d'hommes parlent l'anglais aux États-Unis et au Canada, il serait absurde de prétendre que tous descendent en droite ligne des Angles et des Saxons qui envahirent l'Angleterre au IVe ou au Ve siècle de notre ère. Et de fait, nous savons que des millions de colons américains, anglais de langue aujourd'hui, sont issus de parents allemands, italiens ou slaves. Néanmoins, si nous recherchons le point de départ de l'unité de langue entre l'Amérique et les Iles Britanniques, c'est au petit noyau d'envahisseurs anglo-saxons que nous sommes ramenés. De même en est-il des origines indo-européennes. Primitivement sans doute, le peuple indo-européen était peu nombreux et formait un groupement étroit et compact : la forte unité de nos langues indo-européennes nous le montre clairement. Plus tard, la nation s'accrut tant par une augmentation naturelle de population que par des guerres heureuses qui lui soumirent d'autres peuples. Il se forma ainsi à l'intérieur de la famille indo-européenne agrandie des groupements de population

(1) Non seulement aux dépens de peuples non indo-européens comme les Ibères et les Etrusques, mais aussi d'autres Indo-Européens. Les Romains en Gaule, les Anglo-Saxons en Grande-Bretagne et en Irlande ont imposé leur langue aux Celtes, si bien que les idiomes celtiques ont presque disparu aujourd'hui. — Ailleurs, c'est le frison qui tend à disparaître, absorbé à l'est par le bas-allemand, à l'ouest par le néerlandais.

nouveaux, dont les linguistes croient retrouver la trace dans les différences du langage. Peu à peu ces divers groupes s'isolèrent de plus en plus et donnèrent naissance aux différentes langues que nous connaissons aujourd'hui. Pour ne citer qu'un exemple, les idiomes ariques (irano-indiens) forment sans aucun doute une unité à part parmi les langues indo-européennes, et il est légitime d'en inférer que les tribus qui parlaient ces langues se sont constituées très tôt en rameau distinct, bientôt détaché du tronc commun.

D'où est partie la grande expansion indo-européenne, ou en d'autres mots, où avons-nous à chercher sur la carte la patrie du noyau restreint parlant primitivement la langue indo-européenne ? Cette question est agitée depuis les débuts de la linguistique comparative et l'on n'est guère d'accord sur la solution. Les essais les plus divers, les plus contradictoires ont été tentés (1), sans que l'on puisse se flatter d'avoir abouti. Il faut observer néanmoins un certain progrès dans les recherches, et il n'est pas interdit de penser que l'avenir nous réserve quelque découverte décisive qui permette de trancher entre les opinions émises jusqu'ici. En tout cas, nous pouvons éliminer aujourd'hui un bon nombre de solutions anciennes reconnues insoutenables. Parmi les contrées dont certainement les Indo-Européens ne sont pas originaires, il faut citer les pays sémitiques, l'Arabie, la Syrie, la Mésopotamie, une

(1) Les théories anciennes avec leurs arguments ont été fidèlement exposées et discutées par le R. P. Van den Gheyn, S. J., dans son ouvrage *Le Berceau des Aryas*, Bruxelles 1881 (Extrait des PRÉCIS HISTORIQUES, vol. 30). Le savant auteur a publié en outre *Nouvelles recherches sur le berceau des Aryas* (PRÉCIS HISTORIQUES, vol. 31, pp. 655-671 [1882]) ; *Les migrations des Aryas* (BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ DE GÉOGRAPHIE D'ANVERS, vol. 7 (1882), pp. 119-152), et depuis, le R. P. Van den Gheyn n'a cessé de tenir les lecteurs de la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES au courant des recherches d'ordre linguistique ou ethnographique touchant aux origines indo-européennes. — Sur l'histoire du problème indo-européen, voir O. Schrader, *Sprachvergleichung und Urgeschichte*, 3e éd. (Iéna, 1907) I, pp. 85-129, II, pp. 459-529.

grande partie de l'Asie-Mineure : l'histoire ancienne de ces régions est connue et les Indo-Européens n'y apparaissent qu'assez tard, vers le xve siècle avant Jésus-Christ. On exclura de même l'Afrique et en Europe toute la partie sud, où règnaient autrefois des peuples non indo-européens, les Ibères (Espagne et Portugal), les Ligures (1) (France méridionale et nord de l'Italie), les Etrusques, les Sicanes (Italie et Sicile) et enfin les Égéens, dont la brillante civilisation, révélée par les fouilles du Péloponèse et de la Crète, paraît antérieure aux Hellènes en Grèce. Tout semble indiquer en effet que les Hellènes, dont la dernière migration, connue sous le nom d'invasion dorienne, s'accomplit peu avant l'époque historique, sont venus du nord, suivis comme d'une arrière-garde par les Illyriens, les Macédoniens et les Thraces (2). La Gaule n'est pas non plus la patrie commune des Indo-Européens : divers indices s'accordent pour faire supposer que l'Allemagne du sud et du centre, où plusieurs peuples gaulois étaient encore établis du temps de César et de Tacite, fut le point de départ des grandes migrations celtiques, vers la Gaule et les Iles Britanniques. De toutes ces données négatives, nous retiendrons que le pays d'origine des Indo-Européens doit être cherché au nord des Alpes, des Balkans, de la Mer Noire, du Caucase et des plaines transcaspiennes entre le Rhin et le Turkestan chinois. Nous exclurons en outre l'extrême nord de l'Europe et de l'Asie, car nous y

(1) Le caractère non indo-européen de la langue ligure n'est pas admis par tous les spécialistes, mais ce point est sans importance ici, car personne ne fait de l'Italie le berceau des Indo-Européens. — Quant aux Égéens, on ne sera fixé sur le caractère de leur langue que le jour — peu prochain semble-t-il — où les inscriptions de Cnossos auront livré leurs secrets.

(2) Dans l'article cité plus haut (BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ DE GÉOGRAPHIE D'ANVERS, vol. VII, p. 126), le R. P. Van den Gheyn admet encore que l'Asie-Mineure et les îles de l'Archipel ont servi d'itinéraire aux Hellènes pour arriver dans la Grèce proprement dite. Il ne nous semble pas que cette manière de voir, qui était celle d'E. Curtius, puisse encore se défendre aujourd'hui.

rencontrons de tout temps des peuples finno-ougriens, Finnois, Samoyèdes, etc. L'aire que nous venons de circonscrire correspond à ce que la linguistique nous apprend sur le séjour des premiers Indo-Européens. Ceux-ci connaissaient, la langue nous l'atteste, l'hiver avec ses glaces et ses neiges ; la distinction d'au moins trois saisons, le printemps, l'été, l'hiver. En se fondant sur ce que nous apprennent les noms d'animaux et de plantes communs à toute la famille indo-européenne, on en arrive à démontrer par une foule d'indices concordants que la région cherchée était située dans la zone tempérée, que c'était un pays boisé de bouleaux et peut-être de hêtres, qu'on y élevait du bétail et plusieurs de nos animaux domestiques. Ces détails conviennent aux régions centrales de l'Europe et de l'Asie antérieure ; si l'aire obtenue est encore bien vaste, nous observerons qu'elle exclut plusieurs solutions défendues autrefois avec talent par des savants de renom. Nous ne croyons plus que la patrie de nos langues et de nos ancêtres soit l'Inde ou la Mésopotamie. On ne songe pas davantage à établir les Indo-Européens sur le plateau de Pamir (1), le « Toit du Monde », terre inhospitalière et à peu près inhabitée de 4000 à 5000 mètres d'altitude. Il s'agit plutôt de déterminer quel pays entre le Rhin et les montagnes du Turkestan servit de point de départ à l'expansion de nos langues indo-européennes.

Pendant longtemps l'on crut que l'anthropologie et l'archéologie préhistorique allaient donner la clé du problème. Sans entrer dans le détail des interminables discussions auxquelles les tentatives de solution empruntées à ces deux disciplines ont donné lieu, nous

(1) Cf. Van den Gheyn, *Le plateau de Pamir*, REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, t. XIV (1883), pp. 385-427, et en particulier pp. 389-390, où l'auteur insiste sur l'invraisemblance de la thèse de Lenormant et d'autres historiens qui font venir du Pamir les peuples pasteurs.

pouvons constater immédiatement que les espérances que l'on avait fondées sur elles ont été déçues. Nous ignorons à quelle race appartenait le noyau indo-européen primitif : nous ignorons même si cette question peut se poser, car il n'est nullement nécessaire de supposer qu'à l'unité de langage correspondit une unité de descendance. De plus, même en partant d'un noyau homogène, on ne saurait se passer de l'hypothèse de mélanges de races pour former les nations très nombreuses et très diverses de langue indo-européenne que nous rencontrons dans la suite. Il semble donc vain de chercher dans tel ou tel type d'hommes les « vrais » Indo-Européens. L'homme blond, aux yeux clairs, de taille élevée, ayant le crâne allongé (1), a passé aux yeux de certains pour le véritable Indo-Européen ; et de fait, les descriptions des anciens nous apprennent que chez certains peuples indo-européens Thraces, Gaulois, Germains, Slaves, les caractères de l'homme blond dominaient (2). Mais ces mêmes particularités se rencontrent aussi chez des peuples non indo-européens, ce qui diminue beaucoup la valeur de l'argument. Provisoirement du moins, l'anthropologie ne saurait nous apprendre d'où viennent les Indo-Européens. Nous ne parlons pas d'hypothèses comme celles de M. Penka, qui fait remonter les caractères de la race blonde à l'époque glaciaire, ou de M. Poesche, pour qui l'homme blond est un albinos incomplet, et qui par suite cherche notre berceau aux environs des marais de Rokitno en Volhynie (Russie occidentale) où, paraît-il, l'albinisme

(1) La forme du crâne, si l'on en croit des recherches récentes, n'a pas l'importance qu'on lui a attribuée pendant longtemps. D'autre part, il semble que la dolichocéphalie ne soit nullement l'apanage des blonds.

(2) Il est très possible que les anciens nous aient surtout décrit des *types* représentatifs de chaque race. Or ceux-ci, réunissant la plupart des caractères épars dans la masse, sont toujours minorité. — Il faut faire exception pour les Germains dont Tacite nous dit qu'ils formaient une race remarquablement homogène (*German.* 4).

est fort répandu ; des théories de ce genre ne sont pas faites pour nous donner grande confiance dans les solutions de certains anthropologistes.

L'archéologie préhistorique n'a pas mieux réussi à solutionner le problème. Le seul métal dont tous nos idiomes aient gardé le nom est le cuivre (1). On est d'accord pour en inférer que les Indo-Européens se sont séparés en divers groupes vers l'âge du cuivre, à la fin de l'âge de la pierre, c'est-à-dire à l'époque néolithique. Fréquemment des archéologues ont identifié tel ou tel établissement néolithique avec les débuts de l'époque indo-européenne ; mais presque toujours, d'autres savants arrivaient avec des arguments tout aussi plausibles à des solutions exactement opposées. Ce n'est pas qu'il faille désespérer de voir ces recherches aboutir : mais les conclusions de l'archéologie ne sont pas encore assez sûres et ne revêtent pas une forme assez nette pour qu'on puisse les utiliser dans le problème qui nous occupe (2).

II

Si nous devons renoncer à nous appuyer sur l'archéologie et l'anthropologie, la linguistique aidée de l'his-

(1) Ou le bronze : lat. *aes*, german. *ais*, etc. A l'origine les termes ne sont pas distincts.

(2) Ceci ne veut pas dire que sur des points de détail les conclusions des archéologues soient à dédaigner. M. L. Siret, dont les lecteurs de cette REVUE connaissent les remarquables explorations en Espagne (voir en dernier lieu *Orientaux et Occidentaux en Espagne aux temps préhistoriques*, tome X de la 3e série (juillet 1906) pp. 529-582, et tome XI (janvier 1907), pp. 219-269, me fait observer qu'à son avis l'expansion militaire des Celtes date du moment où ils surent fabriquer des armes de bronze. Or cette fabrication nous fait supposer qu'ils étaient établis dans un pays à gisements d'étain, comme la Bohême ou la Thuringe. C'est donc dans ces régions stannifères qu'il faudra les chercher. La linguistique aboutit à la même conclusion. Le sud et l'ouest de l'Allemagne ont une toponymie celtique et la Bohême en particulier (*Boiohaemum*, *heim* ou pays des *Boii*) doit son nom aux Boïens, peuple gaulois (Tacite, *German.* 28).

toire ancienne nous fournira sinon des solutions, du moins des hypothèses acceptables. C'est sur ce terrain que se sont placés les auteurs des théories les plus caractéristiques soutenues dans les derniers temps. Nous en retiendrons trois principales : M. Hirt fait partir les Indo-Européens de l'Allemagne centrale et orientale, M. O. Schrader des bords de la Mer Noire, tandis que M. Edouard Meyer place leur patrie sur les plateaux de l'Asie centrale, dans le Turkestan chinois.

L'attention des linguistes fut attirée récemment sur cette dernière région par une découverte sensationnelle qui venait d'y être faite. Jusqu'il y a peu de temps, à part l'interprétation des restes peu considérables des langues de la Thrace et de la Phrygie, le domaine des langues indo-européennes ne s'était pas accru depuis l'époque de Bopp. Or à la séance du 16 juillet 1908, on présentait à l'Académie de Berlin les premiers résultats du déchiffrement d'une langue indo-européenne nouvelle, découverte dans des manuscrits rapportés du Turkestan chinois (1).

Cette langue, le tocharique, a été en usage dans le pays de Tourfan jusque bien tard — les bibliothèques qui fournissent les fragments tochariques contenaient des œuvres datant du XIIIe siècle de notre ère — et elle appartenait selon toute vraisemblance à l'un des peuples qui, vers le premier siècle avant Jésus-Christ, descendirent du Turkestan en Bactriane, y ruinèrent les royaumes grecs des successeurs d'Alexandre et fondèrent dans l'Inde la dynastie des rois indo-scythes. D'après ce que l'on sait des recherches de MM. Sieg et Siegling, la langue nouvelle ne rentre dans aucun groupe indo-européen connu et, en tout cas, elle ne se

(1) E. Sieg et W. Siegling, *Tocharisch, die Sprache der Indoskythen* (SITZUNGSBERICHTE de l'Académie de Berlin, 1908, p. 915-934). Voir aussi Hückel, *Une nouvelle langue indo-européenne* (REVUE DES ÉTUDES ANCIENNES, juillet-septembre 1909).

rattache pas au rameau irano-indien. Elle forme donc une branche à part, la plus orientale actuellement, de la famille indo-européenne.

M. Ed. Meyer a recherché quels étaient les témoignages historiques les plus anciens relatifs à des Indo-Européens (1). Les documents assyro-babyloniens nous les montrent établis en Médie dès le IXe siècle avant notre ère. Mais bien avant cette époque, vers 1400, des dynastes mésopotamiens ou syriens portent des noms iraniens parfaitement reconnaissables. On en conclura qu'à cette date reculée, les Iraniens étaient voisins des Sémites et qu'ils avaient pénétré au moins comme chefs de bandes dans les royaumes sémitiques. Nous avons là une infiltration étrangère comparable à la pénétration germanique dans l'empire romain : le jour où les généraux « romains » s'appellent Stilicon, Arbogast ou Théodoric, la Germanie n'est plus loin de Rome. De même dans le monde sémitique : les Artamanya, Shuvardata, Artatàma, Yashdata du XVe siècle sont les précurseurs des rois mèdes et perses qui régneront en Syrie et en Mésopotamie. En dernier lieu M. Ed. Meyer attire notre attention sur un traité entre un roi des Hittites et celui du Mitani (nord-ouest de la Mésopotamie) récemment découvert en texte cunéiforme en Cappadoce et datant du XIVe siècle avant Jésus-Christ. Les noms des dieux invoqués par les parties contractantes sont cités : ils appartiennent en partie au panthéon babylonien ou mésopotamien, mais en outre plusieurs divinités ont un caractère nettement arique. Ce sont Mitra, Varuna, Indra, les grands dieux du Rig-Véda, et les Nâsatyà, c'est-à-dire les Açvins (dieux cavaliers jumeaux, comparables à Castor et Pollux). Ces noms, que l'on lit d'une manière certaine, affirment

(1) *Geschichte des Altertums*, 2e éd. (1909), I, 2, p. 754 et suiv., en particulier, pp. 784-803; ZEITSCHRIFT FÜR VERGLEICH. SPRACHFORSCHUNG, t. 42, pp. 1-27 (1909).

avec toute la clarté désirable que des peuples du rameau irano-indien voisinaient dès cette époque avec les Sémites ou plutôt qu'ils étaient déjà parvenus à s'établir en maîtres dans des pays sémitiques. L'expansion iranienne vers les régions babyloniennes est partie sans aucun doute de l'est. M. Ed. Meyer insiste avec raison, semble-t-il, sur cette opinion que les Irano-Indiens sont venus d'abord des régions transcaspiennes (Bactriane), où l'on retrouve encore beaucoup plus tard des Scythes iraniens, vers le sud (Iran) et que leur expansion du côté de la Mésopotamie est partie précisément de l'Iran. Une autre hypothèse intéressante de M. Ed. Meyer mérite d'être citée. Tous les Iraniens, Perses, Mèdes, Scythes, Parthes, etc., sont des peuples de cavaliers (*-aspa* cheval, se retrouve dans des noms comme Hydaspe, père de Darius, et beaucoup d'autres) : c'est par eux que la connaissance du cheval se serait introduite chez les Sémites, qui à l'origine, paraissent ne pas avoir connu l'équitation. Ceci confirme l'hypothèse qui fait venir les Irano-Indiens des plaines du Touran, pays de chevaux par excellence.

L'histoire est muette sur les origines de l'Europe. On peut faire remonter les premiers établissements des Hellènes en Grèce tout au plus à 2000 ans avant Jésus-Christ ; les Italiotes n'apparaissent que beaucoup plus tard et nous pouvons à peine soupçonner à ces dates reculées l'existence des autres Indo-Européens, Celtes, Germains, Balto-Slaves. M. Hirt suppose que tous ces peuples sont venus d'Allemagne. Mais on peut tout aussi bien, nous dit M. Ed. Meyer, se représenter les migrations indo-européennes de la manière suivante. La masse des Indo-Européens, partie des plateaux de l'Asie centrale, se répandit dans les grandes plaines du Turkestan russe et de l'Oural pour gagner ensuite l'Europe. Un seul rameau se détacha et prit vers le sud, à l'est de la Caspienne : c'est le rameau irano-indien, qui au

point de vue linguistique comme au point de vue historique se distingue nettement de tous les autres groupes indo-européens. M. Ed. Meyer ne s'exagère pas l'importance de l'hypothèse qu'il émet, il l'abandonnerait volontiers, semble-t-il, pour une autre plus plausible. Mais il fait observer que l'itinéraire proposé correspond à celui de diverses migrations historiques, des peuples huns, mongols ou turcs, qui aboutirent soit en Europe, soit dans la Perse et l'Inde. Enfin il ne faut pas oublier le caractère barbare de la plupart des Indo-Européens : si plusieurs d'entre eux, ceux précisément qui furent en contact avec d'autres peuples très cultivés, arrivèrent à un haut degré de civilisation, une foule d'autres, Thraces, Illyriens, Scythes, ne sortirent jamais de la barbarie et leur degré de culture ressemblait fort à celui des hordes mongoles. Cette ressemblance n'est pas pour infirmer l'hypothèse.

Il est difficile d'apprécier à l'heure présente la théorie de l'éminent historien de l'antiquité qu'est M. Ed. Meyer. L'existence d'un peuple indo-européen en plein Turkestan chinois renverse à certains égards toutes les conceptions que l'on s'était faites, et c'est peut-être aller un peu vite en besogne que de transporter aussitôt à l'extrême limite du monde indo-européen connu actuellement le berceau de toute la famille. Quoi qu'il en soit, dans la solution de l'avenir, le peuple et la langue tochariques sont appelés à jouer un rôle de première importance. Pour le moment, force nous est d'attendre le déchiffrement complet des documents de Tourfan et les lumières nouvelles que les historiens pourront peut-être nous fournir. Il semble, en effet, que les Tochares (Τόχαροι de Strabon) aient fait partie d'un ensemble de nations plus considérable que les annalistes chinois appellent les Yüe-Tchi et il n'est pas impossible qu'en étudiant de plus près les sources chinoises l'on en arrive à soulever un coin du voile épais qui nous cache la

préhistoire de ce peuple. La question des origines indo-européennes s'en trouverait avancée d'autant. D'un autre côté, on peut reprocher à M. Meyer de n'avoir pas désigné avec toute la précision désirable la région où il place le berceau des Indo-Européens. Il nous répondra vraisemblablement que la question manquait pour lui d'intérêt. Sans doute, mais encore était-il préférable, dans ce cas, de ne pas proposer de nouvelle hypothèse. Le bassin du Tarim, pays d'où proviennent nos fragments tochariques, est une région presque sans pluie et qui n'est habitable actuellement que par une population pratiquant une agriculture savante fondée sur l'irrigation (1). Les conditions climatériques ont dû être différentes autrefois, si l'on en croit les géographes. Mais pour les Indo-Européens, l'on en est encore à se demander s'ils étaient un peuple agriculteur ou pasteur. Les termes communs se rapportant à l'agriculture (latin *arare*, grec ἀρόω, labourer, etc.) se rencontrent dans les langues d'Europe et non dans le rameau irano-indien. Cette différence de vocabulaire peut s'expliquer de deux manières : ou bien le peuple indo-européen tout entier ignorait l'agriculture et les termes que nous venons de citer datent d'une époque postérieure à la séparation du rameau irano-indien, alors que les autres peuples étaient encore unis entre eux ; ou bien les Irano-Indiens ont perdu au cours de leurs migrations vers l'est les habitudes et le vocabulaire de l'agriculture que leurs frères d'Europe, plus sédentaires, ont mieux conservés. En tout cas, une exploration plus complète du Turkestan au point de vue géographique, climatérique et surtout archéologique pourra nous apprendre si la manière de voir de M. Ed.

(1) Voir v. Lecoq, *Bericht über Reisen und Arbeiten in Chinesisch Turkistan*, ZEITSCHRIFT FÜR ETHNOLOGIE, 61, p. 508 et suiv. (1907). M. von Lecoq était avec M. Grünwedel à la tête de l'une des missions allemandes qui ont exploré le Turkestan de 1904 à 1907.

Meyer peut ou non se défendre. La découverte de l'idiome tocharique est sans aucun doute une forte présomption en faveur d'une origine asiatique de nos langues et il faut savoir gré à M. Meyer d'avoir mis cette vérité en pleine lumière. On ne saurait nier non plus que M. Ed. Meyer ait toutes les vraisemblances pour lui lorsqu'il fait passer les Irano-Indiens par la Bactriane (et non par le Caucase comme le veut M. Hirt), dans leur migration vers le sud : cet itinéraire encore une fois nous rapproche de l'Asie comme pays d'origine.

III

La première fois que l'on songea à placer en Europe le berceau des Indo-Européens, il ne manqua pas de voix indignées pour crier au scandale. R. G. Latham, un Anglais, avait conçu cette idée qui parut bizarre. « C'est en Angleterre, dans le pays des excentricités, qu'un original se mit en tête de placer en Europe l'habitat primitif des Indo-Européens ; un professeur de Gœttingue mû par je ne sais quel caprice s'appropria la découverte, un spirituel dilettante de Francfort mit le berceau de la race aryenne au pied du Taunus et compléta ainsi le tableau (1). » C'est ainsi que s'exprimait un homme sérieux, Victor Hehn, auteur de recherches approfondies sur les plantes et les animaux domestiques aux époques préhistoriques. Latham avait beau protester qu'il considérait l'Asie comme la mère commune de l'humanité et qu'il ne plaçait en Europe que le point de départ de la diffusion des peuples indo-européens ; on continua à le combattre a priori. La remarque de Latham est juste et il n'est pas inutile

(1) Latham exprima son idée pour la première fois en 1851, il la reprit ensuite à diverses reprises dans plusieurs publications. Sur Latham et V. Hehn, voir Schrader, *Sprachvergleichung*, 3e éd. I, p. 90 et suiv., 100 et suiv.

d'observer que les Indo-Européens n'apparaissent que fort tard dans les annales de la civilisation. Alors que l'histoire des Egyptiens et des Sémites remonte à la plus haute antiquité, nous n'avons, pour les Indo-Européens, que des indices datant du xve siècle avant Jésus-Christ et nos conjectures les plus osées ne nous permettent pas de retourner en arrière à plus de trois mille ans avant notre ère (1). — Quoi qu'il en soit, l'opinion de Latham est tenue par de nombreux partisans, dont M. Herman Hirt, professeur à Leipzig, est actuellement le plus en vue. Dans divers articles et en dernier lieu dans son ouvrage *Die Indogermanen* (2), M. Hirt cherche le pays d'origine des Indo-Européens entre l'Oder et la Vistule et fait partir de cette région des migrations successives qui aboutissent à peupler l'Europe et une partie de l'Asie. Le premier rameau détaché du tronc est celui des Irano-Indiens qui s'avança bien loin vers l'orient à travers la Russie et le Caucase pour coloniser l'Iran d'abord, l'Inde ensuite. Non loin du pays d'origine, vers l'est, se trouvent les peuples baltiques (les Aestui des auteurs anciens), comprenant les Prussiens (langue éteinte aujourd'hui), les Lithuaniens et les Lettons (3). Ils ont le mieux conservé la langue primitive — à bien des égards le lithuanien du xvie siècle a un aspect aussi archaïque que le sanscrit — et M. Hirt en infère qu'ils n'ont guère dû s'éloigner

(1) Il y a donc loin des origines indo-européennes au déluge et aux migrations des descendants de Japhet après le grand cataclysme. L'équation Indo-Européen = Japhétide n'est d'ailleurs pas certaine, car deux rameaux japhétides seulement (les Mèdes et les Grecs) sont identifiés sûrement, et de plus l'unité linguistique n'implique pas une unité de descendance correspondante. Voir le R. P. Van den Gheyn, REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, t. XV (janvier 1884), p. 296 et surtout la note 3, qui corrige sur plusieurs points ce que le texte a de trop affirmatif.

(2) 2 vol., Strasbourg, 1905-1907.

(3) L'identification des Aestui avec les peuples baltiques n'est pas absolument certaine. D'après Tacite (*Germ.* 45), ils ressemblaient aux Suèves pour les mœurs, tandis que leur langue se rapprochait du breton. On peut en conclure qu'ils n'étaient pas Germains.

du berceau de la famille. Leurs frères les Slaves, dont les idiomes également très conservateurs forment avec le groupe baltique un seul rameau linguistique, se sont établis un peu plus à l'est et au sud, dans le bassin supérieur et moyen du Dniéper, où Hérodote les connaît déjà sous le nom de Νευροί.

Le peu que nous savons de la langue des Thraces et des Phrygiens, langues qui n'en formaient qu'une seule à l'origine, les Phrygiens ayant quitté l'Europe pour s'établir en Asie Mineure, nous donne la preuve qu'ils appartenaient comme les Balto-Slaves et les Irano-Indiens à la moitié orientale (groupe *satem*) du monde indo-européen (1). Des traditions également anciennes (Hérodote VII, 73) rattachent les Arméniens aux Phrygiens et la langue arménienne, connue par des documents écrits depuis le ve siècle après Jésus-Christ, confirme l'hypothèse de leur origine européenne. M. Hirt place en conséquence au sud des Slaves les tribus indo-européennes dont devaient sortir plus tard la très nombreuse nation (Hérodote V, 3) des Thraces, les Phrygiens et les Arméniens. Des migrations ultérieures les amènent à la Mer Noire, en Thrace, etc.

Avant de parler de la moitié occidentale des Indo-Européens dans l'hypothèse de M. Hirt, on nous permettra d'observer que, si les conjectures que nous venons d'exposer n'ont rien que de très admissible, elles sont néanmoins fort douteuses. Nous savons des Thraces qu'ils occupaient le pays qui s'appelle encore la Thrace, et une partie de la Roumanie, mais nous ignorons

(1) La manière dont sont représentées les gutturales primitives dans les diverses langues permet de séparer en deux moitiés notre monde linguistique : la moitié occidentale, où le *k* est resté *k* : hellénique, italique, celtique, germanique (groupe *kentum*) et la moitié orientale : balto-slave, arménien avec le thraco-phrygien, illyrien, irano-indien, qui transforme en *s* (*satem* « cent » en regard de *kentum*) une partie des gutturales primitives (groupe *satem*). La grande régularité de ce traitement nous permet d'y voir la trace d'une grande division dialectale de la langue-mère.

tout de leur pays d'origine. De même pour les peuples du groupe balto-slave, il nous est impossible de remonter, fût-ce par conjecture, à une date à laquelle ils n'étaient pas encore fixés dans les régions voisines de la Baltique et du Dniéper. Affirmer qu'ils viennent d'Allemagne entre l'Oder et la Vistule, c'est une hypothèse indémontrable. A plus forte raison n'existe-t-il aucune preuve que les Irano-Indiens soient originaires d'Allemagne. M. Hirt les fait passer par le Caucase, itinéraire bien invraisemblable, car ils se heurtaient de tous côtés aux peuples sémitiques et M. Ed. Meyer a mis en lumière que tous les témoignages historiques sur les premiers chocs entre Iraniens et Sémites convergent vers l'orient et indiquent la Bactriane et la Médie comme pays d'origine des premiers (1).

Si nous négligeons ces obscurités pour nous occuper uniquement de la moitié occidentale (groupe *kentum*) des Indo-Européens, la théorie de M. Hirt est certainement des plus séduisantes. L'Allemagne occidentale et méridionale a été celtique, les noms de ses fleuves et de ses montagnes en font foi. Et l'histoire germanique ancienne nous montre l'expulsion progressive des Celtes, que les Germains repoussent vers le Rhin à l'ouest, vers les Alpes au sud, jusqu'à ce que rencontrant les Romains ils voient leur expansion arrêtée pour près de cinq siècles. Les victoires de Marius sur les Cimbres et les Teutons en 102 et 101, de César sur Arioviste en 58 avant Jésus-Christ barrent le chemin aux invasions germaniques ultérieures. Il est donc acquis que Celtes et Germains sont voisins depuis longtemps. Les peuples italiques, très proches des Celtes par le langage, ont dû également venir du nord-est et faire invasion dans la péninsule par la Vénétie (2). Et nous

(1) *Geschichte des Altertums*, 2e ed., I, 2, p. 809 et suiv,

(2) A moins qu'ils n'aient pris par l'Illyrie et traversé la mer, hypothèse également défendable.

pouvons croire qu'un jour aussi ils ont voisiné avec les Celtes sur le haut Danube. Enfin les Grecs descendirent le Danube à travers les plaines de la Hongrie, puis se dirigeant en ligne droite vers le sud, ils atteignirent l'Epire, l'*ancienne Grèce*, comme dit Aristote, où le sanctuaire essentiellement grec de Zeus à Dodone garda encore longtemps la trace de leur passage.

Bref, nous sommes certains pour deux des rameaux occidentaux, les Germains et les Celtes, que l'Allemagne fut leur patrie ; cette certitude entraîne avec une grande force d'évidence une conclusion analogue pour le rameau italique, vu sa parenté étroite avec le celtique. Et par suite, nous pouvons admettre avec vraisemblance la même hypothèse pour le rameau hellénique (1).

La thèse de M. Hirt pourrait donc passer pour démontrée ou du moins pour très plausible, s'il était établi que les peuples du groupe oriental viennent, eux aussi, de l'Allemagne orientale et centrale. C'est là, malheureusement, comme on l'a vu, le point faible du système. De plus, une grosse difficulté que M. Hirt a aperçue sans pouvoir la résoudre, vient de la grande dissemblance des idiomes germaniques et baltiques. Autant le lithuanien est conservateur, autant les langues germaniques, dès les époques anciennes, apparaissent profondement modifiées. Il est concevable que deux langages parlés par des peuples très éloignés l'un de l'autre soient fort différents : ainsi le sanscrit et le germanique. Mais comment expliquera-t-on que des peuples voisins, qui tous deux ont à peine modifié leur habitat primitif, soient devenus si dissemblables au point de vue linguistique ? Nous ne sommes pas entièrement convaincu que le fait de ne pas changer de patrie

(1) Nous négligeons la question du rameau illyrien, que M. Hirt rattache au groupe *kentum*, tandis que la plupart des linguistes identifient l'illyrien avec l'albanais, qui est du groupe *satem*.

entraîne toujours, pour un peuple, une conservation particulièrement fidèle de l'idiome ancien : mais indépendamment de cette question de principe, la difficulté reste entière si l'on suppose, comme M. Hirt est amené à le faire, que les peuples baltiques et germaniques ont toujours occupé leurs positions actuelles. Quelle cloison étanche a pu empêcher entre eux l'échange linguistique et les rendre si distants quoique voisins ?

Les arguments de M. Hirt sont empruntés surtout à la science du langage, c'est-à-dire qu'il fait grand usage de ce que l'on a appelé la paléontologie linguistique. De ce que le même mot se rencontre dans toutes les langues pour désigner la même chose, on conclut que la langue-mère possédait déjà ce mot, par suite que le groupe primitif des Indo-Européens connaissait aussi la chose. Partout (sauf en arménien) se rencontre un terme répondant à *equus*, ἵππος, etc., et signifiant cheval. C'est donc que les Indo-Européens connaissaient le cheval. Par une série d'inductions analogues on pourra reconstituer de nombreux traits de la civilisation indo-européenne. Mais ces reconstructions ont leurs dangers : les mots n'ont pas tous gardé le même sens, alors quelle est la signification primitive ? On peut parfois le deviner sans grande difficulté. Ainsi en grec φράτηρ, membre d'une phratrie, confrère, correspond au latin *frater*, frère : la signification originaire est évidemment celle du mot latin. Ailleurs, un mot commun à plusieurs langues manque dans toutes les autres. Au latin *piscis* correspond le germanique *fisks* et le celtique (irlandais) *iasc*, poisson ; or, nous savons que ces trois idiomes étaient parlés par des peuples voisins. Il n'est pas invraisemblable, dans un cas comme celui-ci, que *piscis*, etc., soient des créations récentes de l'époque commune germano-celto-italique ; mais l'on peut souvent prétendre en s'appuyant sur des considé-

rations tout aussi plausibles que tel ou tel mot a disparu dans une grande partie du domaine indo-européen (1).

M. Hirt consacre d'assez longs développements au nom du hêtre. Le mot correspondant au latin *fāgus*, hêtre, est certainement indo-européen, car il se retrouve dans les rameaux européens et iraniens (kurde *bûz*, orme). Or le hêtre n'existe qu'en Europe et sur une aire assez restreinte, bornée à l'est par une ligne qui va de Kœnigsberg à Odessa. C'est donc dans ce pays du hêtre qu'il faut chercher la patrie des Indo-Européens et en effet, c'est bien un pays de hêtres que l'Allemagne.

L'argument est spécieux. Malheureusement pour la thèse de M. Hirt, il n'est nullement prouvé que *fāgus* et les autres mots de cette racine aient signifié hêtre à l'origine. Le grec φηγός désigne un chêne à glands comestibles et le rapprochement avec φαγεῖν, manger, nous donne comme sens premier « nourricier », d'où « arbre nourricier, arbre dont les fruits nourrissent ». M. Feist voudrait même que le mot signifiât simplement « arbre » en général (2). De plus le chêne semble avoir été plus important et mieux représenté dans les forêts des époques préhistoriques que le hêtre.

Certains groupes indo-européens ont connu l'anguille, comme le montre l'équation grec ἔγχελυς = latin *anguilla* = germanique *êla*. Or, les affluents de la Mer Caspienne et de la Mer Noire ne produisent pas d'anguilles. C'est donc dans le voisinage d'une autre mer qu'il faut chercher leur pays d'origine et M. Hirt encore une fois en conclut au bien fondé de sa thèse (Ceci

(1) Ainsi les correspondants de *equus* ont disparu en français et dans les langues germaniques modernes, en slave (non en lithuanien), etc.

(2) S. Feist, *Europa in Lichte der Vorgeschichte und die Ergebnisse der vergleichenden indogermanischen Sprachwissenschaft*. Berlin, 1910 (QUELLEN UND FORSCHUNGEN ZUR ALTEN GESCHICHTE UND GEOGRAPHIE, Heft 19), p. 41. — Cet ouvrage de M. Feist nous donne d'une façon résumée un excellent travail de mise au point sur les origines indo-européennes.

contre M. Schrader qui part de la Russie méridionale). Le mot *mer* se retrouvant partout pour ainsi dire, il est hors de doute que les Indo-Européens connaissaient au moins une grande mer intérieure, qui pourrait être la Caspienne (sauf les considérations que nous venons d'exposer). Sans être entièrement convaincu par des arguments du genre de ceux que nous venons de citer, nous pouvons observer que des constatations analogues accumulées en nombre suffisant finiront par donner des indications de plus en plus précises et qu'elles seront peut-être d'un très grand poids le jour où l'on pourra donner au problème indo-européen une solution définitive.

IV

L'Allemagne à l'extrême ouest de notre monde, l'Asie centrale, qui en forme le poste avancé à l'orient, ont chacune leurs partisans : on ne s'étonnera pas que le tiers-parti, l'opinion qui place les Indo-Européens à mi-chemin entre l'orient et l'occident ait été défendue avec non moins de science et de talent que les autres hypothèses. M. O. Schrader (1) est depuis longtemps persuadé que l'habitat cherché se trouve en Russie, au nord et à l'ouest de la Mer Noire, en y comprenant une partie du cours inférieur du Danube. Il nous montre que toutes les conditions auxquelles doit satisfaire la région choisie se trouvent réunies dans la Russie méridionale : climat tempéré, pays de steppes et de bois, les animaux sauvages (l'ours, le loup, etc.) ou domestiques (bœuf, mouton) s'y sont rencontrés de tout temps. Les fouilles n'y ont peut-être pas été aussi fructueuses qu'ailleurs, mais la civilisation néolithique

(1) O. Schrader, *Sprachvergleichung und Urgeschichte*, 1e éd. (1883), pp. 442-454 ; 3e éd. II (1907), pp. 459-529 ; *Reallexikon der indogermanischen Altertumskunde* (Strasbourg, 1901), pp. 878-902.

y est attestée. Bref, tout s'explique à merveille si l'on part de la Mer Noire comme centre en faisant rayonner les peuples indo-européens dans tous les sens : les Balto-Slaves vers le nord, le groupe *kentum* vers l'ouest (par le Danube moyen et supérieur), les Thraco-Phrygiens vers le sud et le groupe irano-indien vers l'est.

L'hypothèse de M. Schrader n'est pas de celles qu'on réfute en quelques lignes. Elle se présente sous un aspect séduisant, mais nous ne croyons pas cependant qu'elle ait beaucoup de chances de prévaloir. La patrie des Indo-Européens a dû être, dans une certaine mesure, une *officina gentium*, une fabrique de peuples, toujours prête à jeter au loin les flots débordants de ses populations. En tout cas, les premiers accroissements du noyau primitif n'ont pu se produire que dans un milieu relativement tranquille, sinon la moindre commotion venue du dehors eût détruit la forte unité que nous retrouvons dans toutes nos langues. On concédera que l'Allemagne, terre assez peu hospitalière dans l'antiquité, si nous en croyons les descriptions des anciens, par suite relativement isolée, convient mieux que le sud de la Russie pour le rôle de mère commune de nos peuples. Ajoutons que la Germanie antique était déjà une officine de nations redoutable pour Rome par le nombre de ses enfants ; que dépeuplée à la suite des invasions, elle reprit son rôle colonisateur dès le VIIIe siècle, regagnant le terrain perdu et reculant de plus en plus sa frontière vers l'est et qu'enfin de nos jours les Allemands ont fourni et fournissent encore de très nombreux contingents d'émigrants. A ce point de vue donc, la thèse de M. Hirt a pour elle l'expérience de l'histoire. De même en est-il de l'Asie centrale dont les populations ont plus d'une fois débordé en hordes innombrables sur les pays voisins. Les régions de la Mer Noire ne semblent pas appelées à une destinée

analogue. Le pays qu'a en vue M. Schrader est situé exactement à mi-chemin sur la grande voie qui relie l'Europe à l'Asie et de tout temps cette route a été fréquentée par des nomades de toute espèce. Aussi nous ne saurions croire qu'elle se prête à des établissements stables. Après les Scythes et les Gètes qu'y ont connus les anciens, la nation gotique s'y fixa au troisième siècle de notre ère ; dès le quatrième siècle, la bourrasque hunnique dispersa les Gots aux quatre vents du ciel. Les Huns eurent pour successeurs les Byzantins, suivis bientôt des Slaves, que remplacent les Tartares : ceux-ci, soumis d'abord par les Osmanlis, sont aujourd'hui sujets russes. Qu'on ne nous objecte pas que ces régions et les pays avoisinants étaient déserts aux époques préhistoriques et que, par conséquent, le peuple indo-européen a pu librement s'y former et s'y développer : l'Europe préhistorique était depuis longtemps habitée au moment des débuts du peuple indo-européen ; le bassin de la Méditerranée en particulier a été de temps immémorial un centre de civilisation. Quant à l'Asie, nous ignorons tout des tribus finno-ougriennes : mais leur établissement dans l'Europe et l'Asie du nord peut être fort ancien. L'Arménie était habitée avant d'être arménienne. Toutes ces données semblent rendre peu probable la formation au bord de la Mer Noire d'une population aussi homogène de langage que l'était le noyau indo-européen primitif.

Nous venons de parcourir des hypothèses assignant aux Indo-Européens une patrie soit à l'est soit à l'ouest soit au centre de l'aire qu'ils occupent depuis leur dispersion. Il reste une dernière manière de concevoir les choses, c'est de prétendre que le peuple indo-européen est originaire de tous ces pays à la fois. Ne nous pressons pas trop de condamner sommairement ce qui peut nous paraître une hypothèse extravagante :

la théorie dont nous parlons est défendue par M. Kretschmer, l'un des plus pénétrants et des plus personnels parmi les linguistes qui ont abordé le problème des origines (1). La langue indo-européenne a commencé par être parlée par un peuple très peu nombreux, sans doute : mais les dialectes, issus de cette langue d'abord peu répandue, ont pris une extension considérable, ils ont couvert toute l'Europe centrale jusqu'au Rhin, ils se sont étendus à travers toute la Russie d'Europe jusqu'au Turkestan et cela sans que la continuité entre eux fût rompue. On ne se comprenait bien entendu qu'à condition d'être voisins, mais de proche en proche la chaîne linguistique se continuait sans rupture sur toute l'étendue du territoire. Deux paysans allemands, l'un Poméranien, l'autre Bavarois ne sauraient converser en leur patois ; néanmoins si l'on suit la filière des dialectes intermédiaires, on ne rencontre nul point où deux parlers voisins soient assez différents pour rendre les relations impossibles. Il en était de même pour les dialectes indo-européens : comme il n'y avait nulle part de solution de continuité, l'échange linguistique, le trafic des mots, si l'on peut dire, se faisait librement du Rhin à la Caspienne. Dès lors, l'on voit ce qu'il y a de décevant dans la paléontologie linguistique. De ce qu'un mot est employé dans toutes les langues indo-européennes, nous n'avons pas le droit de conclure qu'il appartenait au langage du noyau primitif et que par suite l'objet désigné par ce mot se rencontrait dans la région habitée par ce peuple. Non ; si le même mot pour *cheval* est en usage partout, cela indique simplement que tel groupe indo-européen, mettons les Hellènes, a désigné ainsi

(1) P. Kretschmer, *Einleitung in die Geschichte der griechischen Sprache* (Gœttingue, 1896), en particulier p. 57 et suiv. Sous le nom d'*Introduction*, M. Kretschmer traite une série de questions préliminaires relatives à l'histoire de la langue grecque, entre autres celle des origines indo-européennes.

l'animal en question, et que ce nom fut transmis par eux à leurs voisins, les Italiotes, par ceux-ci aux Celtes, et ainsi de suite, jusqu'à ce que de proche en proche un terme identique régnât dans toute la famille.

La théorie de M. Kretschmer serait inattaquable, si l'on pouvait démontrer qu'il existe entre toutes les langues indo-européennes une continuité pareille à celle que nous constatons entre les dialectes de nos langues modernes, généralement très unifiées. Or, en fait, il manque bien des anneaux à la chaîne : nous avons vu, à la suite de M. Hirt, la lacune qui sépare les groupes germaniques et balto-slaves et qu'il n'arrive pas à combler. Il y a également une grande distance entre le rameau irano-indien et les idiomes slaves et le contraste est encore bien plus frappant lorsqu'on l'oppose aux autres groupes (1). Toute la question est de savoir comment l'on expliquera ces brisures de la chaîne : ou bien le peuple indo-européen au moment où ses dialectes couvraient déjà une certaine étendue, s'est scindé en plusieurs tronçons (ainsi après les migrations germaniques, plusieurs rameaux germaniques se sont trouvés isolés) ; et dans cette hypothèse, la chaîne, qui pour M. Kretschmer doit être immense, n'a jamais existé que sur un territoire restreint ; ou bien on admettra avec lui que les lacunes que nous constatons, dès les époques les plus anciennes, proviennent de l'absorption des dialectes intermédiaires par ceux qui se sont conservés. La seconde explication est

(1) M. Kretschmer fait du thraco-phrygien, langue du groupe *satem*, un chaînon intermédiaire entre le grec et le groupe arique. Et de fait, il n'a pas de peine à trouver dans les inscriptions phrygiennes les éléments de la démonstration. Malheureusement, pour être convaincante, la preuve devrait s'étendre à l'arménien, langue infiniment mieux connue que le phrygien, et qui se prête beaucoup moins à servir de lien entre l'Europe et l'Asie. N'oublions pas en effet que la majeure partie des très courtes inscriptions phrygiennes datent d'une époque où les classes supérieures en Phrygie étaient presque complètement hellénisées, où par conséquent le phrygien qui se parlait et s'écrivait devait subir fortement l'influence du grec.

certainement admissible dans bien des cas : si, actuellement, le latin et le celtique insulaire, c'est-à-dire le français issu du latin et le breton, originaire de Grande-Bretagne, voisinent dans la Bretagne française, c'est que le celtique continental ou gaulois et sans doute beaucoup d'autres dialectes intermédiaires ont disparu. Mais il est arbitraire de supposer que le cas a été le même partout. Et dès lors, on est fatalement amené à supposer que l'unité linguistique de tous les Indo-Européens n'a existé et ne s'est maintenue que sur une aire relativement peu étendue. Les langues indo-européennes que nous connaissons forment divers groupes, nettement séparés : par suite, l'hypothèse d'un bloc homogène d'abord, scindé ensuite en divers fragments a l'avantage de mieux correspondre à des faits acquis que l'unité flottante et imprécise de M. Kretschmer. Nous croyons donc, avec MM. Hirt et Schrader, que la question de l'habitat primitif des Indo-Européens, c'est-à-dire du pays occupé par ce peuple avant qu'il ne se séparât en plusieurs groupes indépendants, non seulement peut se poser mais encore qu'elle est dans une certaine mesure susceptible de solution.

V

Nous n'avons pu dans cette rapide esquisse d'une question éminemment complexe, rencontrer tous les arguments que l'on fait valoir pour ou contre telle ou telle réponse au problème. Quelques-uns d'entre eux méritent cependant d'attirer notre attention. Il n'a été question jusqu'ici que des langues indo-européennes. Au nord du monde indo-européen, et même en plein à l'intérieur de ce monde, nous touchons à la famille des langues finno-ougriennes (le finnois en Finlande, le magyar en Hongrie, etc.) ; en Orient, les Sémites

(Assyro-babyloniens, Phéniciens) voisinent avec des Indo-Européens. Quels rapports existent entre ces diverses familles linguistiques ? On a souvent tenté des rapprochements avec le groupe sémitique. Dernièrement encore, M. Hermann Möller, un linguiste danois de grand mérite, s'est efforcé d'asseoir sur des bases scientifiques la comparaison des deux systèmes (1). A en juger d'après l'accueil plutôt réservé que lui ont fait les savants, la question des rapports entre les langues sémitiques et les nôtres est loin d'être résolue. Il ne paraîtrait pas non plus que l'étude des idiomes sémitiques puisse fournir des données nouvelles relativement au berceau de nos ancêtres. Johannes Schmidt croyait retrouver des traces nombreuses de calcul sexagésimal dans plusieurs langues indo-européennes et il en attribuait l'origine à l'influence babylonienne. Par conséquent, d'après lui, le berceau de nos langues devrait être cherché dans le voisinage de la Babylonie (2). Ses raisonnements n'ont convaincu personne. Là où se rencontrent des influences sémitiques avérées, il y a presque toujours place pour une autre explication que le voisinage des deux familles à l'époque proethnique.

Si la preuve d'une parenté de nos langues avec les langues sémitiques n'a pu être faite, ne faudrait-il peut-être pas la chercher du côté des idiomes finno-ougriens? Cette hypothèse a recueilli dans les dernières années un certain nombre de sympathies et des savants de marque ont découvert des analogies frappantes entre les deux groupes. D'autres se montrent très sceptiques et croient que les emprunts récents et le hasard des rencontres sont pour beaucoup dans les ressemblances.

(1) H. Möller, *Semitisch und Indogermanisch*. Copenhague, 1906. — *Indoeuropäisk-semitisk sammenlignende Glossarium*. Copenhague, 1909.

(2) Joh. Schmidt, *Die Urheimath der Indogermanen und das europäische Zahlsystem*. Berlin, 1890.

Quoi qu'il en soit, il ne faut pas espérer que ces études avancent beaucoup le problème des origines. Si les débuts des Indo-Européens se perdent dans la nuit préhistorique, ceux des peuples finno-ougriens sont beaucoup moins connus encore et quelle que soit la solution qui l'emporte, les idiomes finnois ou ougriens ne sauraient nous apprendre d'où viennent les Indo-Européens. A plus forte raison, les langues mystérieuses des Étrusques (dont on lit les inscriptions sans les comprendre), des Ibères et des autres populations primitives ne peuvent nous être d'aucun secours en la matière. A priori, il est vraisemblable que la langue des populations aborigènes a influé sur celle des conquérants indo-européens, qui s'établirent par exemple en Grande-Bretagne ou en Italie ; mais les hypothèses que nous pouvons faire à cet égard sont on ne peut plus aventureuses (1).

Conclusion

Nous pouvons considérer comme acquis que le rameau occidental ou groupe *kentum* des Indo-Européens forma un jour un bloc compact dans le centre de l'Europe (Allemagne, Hongrie ?) (voir ci-dessus p. 235). Pour les Balto-Slaves, la Lithuanie et la Russie occidentale sont leur habitat dès les temps les plus reculés (pp. 232-233) ; les Irano-Indiens ont eu pour séjour les pays transcaspiens avant d'occuper l'Iran (p. 228). Nous

(1) M. Hirt en particulier suppose fréquemment que tel groupement indo-européen (ainsi les pays de langue d'oc actuels) représente tel ou tel substratum ethnique antérieur (les Ligures ou Ibères du midi de la France, par exemple). Les romanistes affectionnent ou du moins affectionnaient beaucoup des arguments analogues. Mais le danger de ces raisonnements apparaît clairement dans le cas du toscan, dialecte dont est dérivé l'italien littéraire. Le toscan est de tous les dialectes romans le plus fidèle au latin. Or, a priori, le toscan parlé par des *Tusci* ou Etrusques, peuple non latin et non italique, devrait être le plus altéré.

savons des Arméniens, apparentés aux Thraco-Phrygiens qu'ils viennent d'Europe, tandis que pour les Tocharcs nous sommes dans l'ignorance la plus complète. L'Europe, et surtout l'Europe occidentale, d'une part, l'Asie centrale (Turkestan) d'autre part, ont donc été très tôt occupées par des Indo-Européens. Si, comme nous le croyons (voir ci-dessus, p. 240), contrairement à l'opinion de M. Schrader, la région intermédiaire de la Mer Noire se prête mal à la formation du peuple indo-européen, c'est à l'ouest avec M. Hirt ou bien à l'est avec M. Ed. Meyer qu'il faut chercher le point de départ de l'expansion de nos langues. L'étude plus complète du tocharique, que l'on prétend être une langue du groupe *kentum* et l'exploration du Turkestan nous diront si la deuxième hypothèse est défendable. En particulier si l'on démontre que le tocharique appartient au rameau occidental (avec le grec, le latin, le celtique et le germanique), le problème devient très complexe et la solution européenne de M. Hirt paraîtra peut-être trop simple et trop facile pour avoir chance d'être vraie. Du point de vue linguistique (si l'on fait abstraction du tocharique encore trop mal connu), l'hypothèse d'une expansion graduelle et non de migrations aventureuses semblables à celles des Visigots et des Vandales paraîtra la plus admissible. C'est entre le groupe *kentum* et le rameau irano-indien que les contrastes sont le plus marqués : les deux rameaux intermédiaires s'unissent à celui-ci pour former le groupe *satem*, du moins si l'on ne considère que les gutturales. Mais le vocalisme et le vocabulaire (termes d'agriculture ; nom du sel ; etc.) du balto-slave comme de l'arménien rapprochent ces rameaux linguistiques du groupe *kentum*. Le balto-slave a même dans la déclinaison un trait commun avec le germanique, l'instrumental et le datif pluriels à morphème en *m*. Ces particularités nous montrent qu'il n'y a pas eu de grandes perturbations dans les positions relatives des

divers peuples, tandis que, d'autre part, les séparations très nettes entre le grec et l'arménien, entre le germanique et le lithuanien, entre le slave et l'iranien, nous défendent d'admettre la chaîne continue des dialectes de M. Kretschmer. Nous sommes donc ramenés à cette conception d'une unité européenne, qui s'oppose clairement au groupe irano-indien, hypothèse souvent combattue depuis G. Curtius en 1864 et toujours renaissante. Sans doute les mots « groupe *satem* » ont un fondement dans les faits établis. Mais c'est une chose d'autant plus remarquable que, abstraction faite du traitement des gutturales, la division en deux moitiés du monde indo-européen cesse de répondre à la réalité. Nous en conclurons que l'unité indo-européenne connaissait une grande séparation dialectale, celle des groupes *kentum* et *satem*. Mais il se produisit ensuite une scission plus complète encore, celle qui isola le rameau arique, non pas du groupe *satem*, mais de toute l'unité indo-européenne. Où cette dernière continua-t-elle d'exister après cette première séparation ? Était-ce en Europe ? Sans doute, nous dira M. Hirt, car les langues d'Europe représentent la masse, le tronc, le groupe irano-indien n'en est qu'un rameau détaché. C'est l'hypothèse la plus simple ; malheureusement, nous l'avons vu, on ne saurait la démontrer. M. Ed. Meyer nous fait voir l'ensemble des Indo-Européens en marche de l'Orient vers l'Europe : ils laissent derrière eux, aux bords de la Mer Caspienne, un groupe de traînards, les Irano-Indiens. L'itinéraire est plus long, il suppose un concours de circonstances favorables plus difficiles à rencontrer réunies, mais on ne saurait prouver la fausseté de la thèse. Il appartiendra à l'archéologie occidentale et surtout orientale de découvrir les éléments nouveaux qui permettront de trancher entre les opinions opposées.

JOSEPH MANSION.

VARIÉTÉS

LA RÉORGANISATION DE L'ÉCOLE DE GUERRE EN BELGIQUE

—

Un arrêté royal du 10 mai 1910, réorganise l'École de guerre en Belgique. Depuis 1894, on n'avait pas cru devoir modifier, officiellement du moins, ni l'organisation, ni les programmes de notre premier établissement d'instruction militaire. L'expérience cependant avait appris que maintes prescriptions cadraient mal avec les exigences d'une éducation militaire d'ordre supérieur, et, par la force des choses, certaines réformes s'étaient introduites peu à peu dans la pratique. Il devenait nécessaire de régulariser une situation de plus en plus anormale. L'arrêté royal du 10 mai dernier remet le tout au point.

L'École de guerre, créée en vertu de l'art. 7 de la loi du 5 avril 1868 réglant l'organisation de l'armée, a pour but de pourvoir à l'instruction militaire supérieure et d'assurer le recrutement des officiers du corps d'État-major. En France, une institution analogue porte le même nom ; en Allemagne, on la désigne sous le nom d'*Académie de guerre*, tandis que les *Écoles de guerre* correspondent à peu près à notre École militaire.

En principe, le commandant de notre premier établissement d'instruction doit être un officier de grand mérite, car il a, dans ses attributions, la haute surveillance de l'enseignement. C'est à lui qu'incombe le soin de veiller à ce que les leçons soient toujours au niveau des progrès si rapides des multiples branches de l'art de la guerre, de maintenir l'unité de doctrine, et d'écarter les répétitions inutiles des mêmes matières dans les cours qui, plus que dans tout autre genre d'études, ont des objets voisins.

Les Élèves de l'École de guerre se recrutent, à la suite d'un concours, parmi les officiers des quatre armes qui satisfont à certaines conditions de grade, d'âge et de capacité. Pour être admissible, il faut, d'abord, être officier depuis 5 ans au moins, le 1er octobre de l'année de la présentation. Cette prescription crée une anomalie : les sous-lieutenants issus du cadre et nommés dans la promotion trimestrielle de septembre, peuvent entrer à l'École, après 5 ans de grade exactement. Ceux, au contraire, qui ont étudié à l'École militaire et qui reçoivent leur brevet, chaque année, vers le mois de novembre, ne peuvent entrer dans le même établissement avant 5 ans et 10 mois de grade. Comme on s'efforce de recruter un personnel du corps d'État-major jeune et vigoureux, et comme, habituellement, les anciens de La Cambre ont, sur leurs collègues issus du cadre, l'avantage d'être plus jeunes, à parité d'ancienneté, on s'explique difficilement le retard que cette condition de recrutement leur impose.

Les *examens d'admission* se font, en principe, par écrit. Ils portent sur les matières suivantes : l'histoire militaire, l'histoire générale, la géographie générale et politique de l'Europe, le recrutement et l'organisation de l'armée belge, la tactique, la fortification, l'artillerie, la topographie, la géométrie descriptive, le calcul des probabilités, l'équitation et, enfin, une langue moderne autre que le français.

Nous ne pouvons entrer dans le détail des matières renseignées au programme de cet examen ; contentons-nous de quelques observations. L'étude de l'histoire militaire porte sur les faits des campagnes remarquables, depuis Turenne jusqu'en 1870. Cette addition au programme ancien est heureuse en soi ; peut-être la surcharge est-elle un peu lourde. L'histoire générale néglige les périodes antérieures au Moyen âge et s'arrête à la grande révolution française ; c'est très suffisant. En géographie, on a supprimé toutes les questions d'ordre militaire pur (organisation des armées, systèmes défensifs, etc.), pour l'étude desquelles les candidats ne savaient où puiser les renseignements, dès qu'il s'agissait de pays autres que la France, l'Allemagne et la Hollande. L'introduction, dans le programme, de l'étude du recrutement et de l'organisation de l'armée belge, comble une lacune manifeste : jusqu'ici on n'étudiait ces matières, ni au cours de la préparation, ni pendant les trois années d'études à l'École de guerre ; elles étaient censées connues. Par contre, le recrutement et l'organisation des Français et des Allemands

n'avaient aucun secret pour les officiers élèves. Le calcul des probabilités est, également, une innovation.

Pour ce qui concerne les langues vivantes, on a fait disparaître une condition préjudiciable à de nombreux jeunes gens. Jusqu'en 1910, le néerlandais et l'allemand étaient obligatoires ; on ne faisait pas mention de l'anglais. Or, à l'École militaire, on a le choix entre l'allemand et l'anglais, tant au moment de l'entrée que pendant le séjour dans cet établissement. Le néerlandais y est obligatoire pendant les années scolaires. Les officiers-élèves qui, pour des raisons personnelles, avaient opté pour l'anglais et approfondi l'étude de cette langue, perdaient le bénéfice de leurs peines, au profit de ceux qui s'étaient adonnés à la culture de l'allemand. A l'avenir, on pourra se faire interroger dans l'une quelconque des trois langues précitées.

Un mot encore sur l'examen d'entrée. Autrefois, dans chaque branche, l'examinateur posait trois séries de questions parmi lesquelles chacun des candidats choisissait, au mieux de ses intérêts, celle qui lui convenait. A partir de 1911, il n'en sera plus ainsi, la question à résoudre sera la même pour tous. Il y a, sans doute, de bonnes raisons pour qu'il en soit ainsi, mais n'y en aurait-il pas d'excellentes pour qu'il en fût autrement ? La quantité de matières dont le programme du concours impose la connaissance est effrayante. Il en est ainsi, dira-t-on, de tout programme d'examen. Mais il n'en est pas moins vrai qu'en face de celui-ci, il faut admettre qu'il est impossible, à la grande majorité des candidats, de s'assimiler à fond, ne fût-ce que pour quelques jours, un tel amas de connaissances disparates. Il s'ensuit qu'on se présente à l'examen avec une notion très générale, très vague dès lors, de l'ensemble et des idées plus nettes, plus complètes sur les points auxquels, suivant sa mentalité, on a attribué la plus grande importance. Que va-t-il se présenter, avec la question unique imposée ? La palme sera-t-elle toujours remportée par quelques sujets hors ligne ? Ne le sera-t-elle pas, le plus souvent, par quelques candidats heureux qui, par hasard, auront approfondi l'étude du problème posé, ou même, par ceux qu'en langage d'écoliers, on appelle « perroquets » ? La saine moyenne des candidats ne court-elle pas le risque d'être évincée, et la question unique ne créera-t-elle pas la prime à la chance et à la mémoire, au détriment de l'intelligence et du travail consciencieux ? Le système « ternaire » que nous voudrions voir remis en honneur ici, et même appliqué en d'autres circonstances, réduit l'influence du hasard ; et du

même coup, la latitude relative dans le choix du sujet laissée à chaque candidat, impose à celui-ci et lui permet de donner des preuves de son talent. Qu'importe vraiment qu'il ne sache pas à fond les matières d'un programme dont il aura oublié une si grande partie quelques mois après l'examen ! N'est-ce pas avant tout par l'ouverture d'esprit et la sûreté du jugement qu'il doit s'imposer ? D'ailleurs, si quelque sujet hors ligne joint toutes les qualités de l'intelligence à celles de la mémoire, il se jouera de ses concurrents, quel que soit le mode d'examen. Il appartient, évidemment, au jury de régler les séries de questions de manière à ce que chacun puisse trouver, dans l'une d'elles au moins, les éléments qui lui permettent de faire valoir ses capacités et de les montrer sous leur véritable jour.

L'arrêté royal du 10 mai stipule qu'il ne sera pas fait usage, pour l'appréciation des réponses et des travaux des candidats, de cotes dites d'*exclusion*. C'est un palliatif nécessaire, afin de ne pas écarter définitivement un jeune homme capable qui aurait eu de la malchance dans une branche du programme. Avec le système ternaire, une malchance systématique n'est guère possible : la cote d'exclusion (moins de 8 sur 20 p. ex.) pourrait être établie et donnerait l'assurance de ne pas admettre des candidats dont l'éducation scientifique présente un vice rédhibitoire.

La durée de l'enseignement complet à l'École de guerre est de trois ans. Dans certaines conditions, il est possible d'entrer directement en deuxième année d'études.

Pour initier les officiers-élèves à l'art de commander, cet enseignement doit être pratique, positif et scientifique. Il comprend les branches suivantes : art de la guerre, histoire militaire, organisation des armées, tactique, stratégie, histoire générale, géologie, géographie physique et militaire, chimie appliquée, artillerie, fortification, communications militaires, topographie, droit des gens, administration, droit constitutionnel, justice militaire, équitation et escrime.

De nombreux voyages, des visites d'établissements et de forteresses, des applications sur le terrain complètent les données du cours. Une hypothèse stratégique concrète permet aux officiers, vers la fin de la troisième année, d'appliquer à l'armée belge, opérant contre un adversaire déterminé, les théories et les principes qui ont été développés pendant trois ans.

Une série d'examens clôture chacune des années d'études. Pour pouvoir être admis en seconde année, les officiers-élèves doivent

avoir obtenu la moitié du nombre des points, sur l'ensemble des cours de la première année. — Ne peuvent être admis en troisième année que les élèves qui ont obtenu les 3/5 du nombre maximum des points attribués au cours de la deuxième année. Seuls, enfin, les officiers qui ont obtenu les 13/20 du nombre maximum de points au classement final reçoivent le diplôme d'*adjoint d'État-major*. Ces variations sont peut-être un peu subtiles ; pratiquement les professeurs, par un accord tacite avec les élèves, considèrent les cotes inférieures à 12 et 13 comme mauvaises ; ils donnent 12 et 13, en deuxième et troisième années pour des réponses qui, à l'examen d'entrée, auraient reçu 10 sur 20. Il y a même un inconvénient à relever ainsi la cote dite d'exclusion : comme chacun obtient de 13 à 16 points sur 20, rarement davantage, presque jamais moins, il s'établit, à la longue, une sorte d'équilibre : les moyennes générales ne diffèrent, en fin de compte, que de quelques millièmes de point sur le maximum de 20. Il s'ensuit que le classement final ne donne qu'une idée très inexacte de la valeur des officiers. Il suffit d'avoir été interrogé un jour par surprise dans une branche importante pour ne plus pouvoir relever sa moyenne.

Le diplôme d'adjoint d'État-major dispense son possesseur de tous les examens qui sont, ou pourraient, dans l'avenir, être imposés pour l'avancement au choix.

A la suite des examens de sortie, le conseil de perfectionnement des établissements d'instruction militaire classe les officiers dignes de recevoir le diplôme, en deux catégories. La catégorie *d* comprend tous ceux qui ont une moyenne supérieure à 13. Ils resteront dans leur arme. La catégorie *e* est réservée à ceux qui, ayant manifesté le désir d'être admis ultérieurement dans le corps d'État-major, réunissent les quatre conditions suivantes : 1° S'être distingués par leurs travaux pendant leur séjour à l'école ; 2° avoir obtenu au moins la cote 14, en moyenne, sur un maximum de 20 ; 3° avoir des aptitudes spéciales pour le service d'état-major ; 4° être âgés de 32 ans, au plus, le 1er octobre de l'année dans le courant de laquelle ils sortent de l'École de guerre.

Tout cela est très bien, sauf, semble-t-il, cette subdivision en catégories *d* et *e*. Les personnes non averties, de même que les officiers qui n'ont point passé par l'École de guerre, appliquent ainsi cette distinction : catégorie *d*, les officiers capables, catégorie *e*, les officiers très capables. Or, rien n'est moins exact. Chaque année, des jeunes gens classés très avantageusement et

réunissant toutes les conditions requises pour être compris dans la catégorie *e*, refusent d'accepter l'éventualité de se voir versés dans le corps d'État-major, pour une foule de raisons personnelles. Tel officier du génie, par exemple, a dans son arme un avancement très rapide ; tel autre, officier de cavalerie, ne s'accommode pas d'une vie dans laquelle le cheval n'est plus qu'un moyen de locomotion lente. Celui-ci préfère, à la vie sédentaire des bureaux, celle de la caserne et aime à façonner les âmes des jeunes soldats ; celui-là, marié, cherche à rentrer au plus vite dans sa garnison de province, pour y retrouver ses relations de famille et d'amitié. Tous ces officiers seront classés dans la catégorie *d* alors que des concurrents parfois de moindre valeur seront portés dans la classe *e*.

Au sortir de l'École de guerre, le jeune officier ne rentre pas, de suite, dans son régiment d'origine, pour y reprendre le service. Il va faire la connaissance approfondie des armes autres que la sienne, afin d'être à même, en campagne, de remplir, avec à-propos, des fonctions dans les états-majors, et pour puiser, dans le contact intime de nouveaux camarades, des éléments de base à l'esprit de solidarité qui fait la force des armées.

Les stages, au nombre de 3 ou 4, se font d'après les indications du tableau suivant :

ARME D'ORIGINE DE L'OFFICIER	1er STAGE (10 mois)	2me STAGE (un an)	3me STAGE (5 mois)	4me STAGE (7 mois)
Infanterie	Cavalerie	État-major de division ou de position fortifiée	Artillerie montée	État-major de l'armée (1)
Cavalerie	Infanterie		Artillerie à cheval	
Artillerie montée	Id.		Cavalerie	
Artill. de forteresse	Cavalerie		Infanterie	
Génie	Id.		Artillerie montée	

Ces dispositions excellentes d'ailleurs laissent place à une observation : elle se rapporte aux officiers d'artillerie de forteresse auxquels on eût pu prescrire un quatrième stage, au détachement du génie de leur position fortifiée, et aux officiers du génie, auxquels il eût été bon de faire faire leur troisième stage dans un fort d'Anvers, de Liège ou de Namur.

Un arrêté royal du 26 juin 1910 stipule que, pendant leur stage dans les troupes à cheval, ou lorsqu'ils sont employés dans

(1) Pour les officiers de la catégorie *e* seulement.

un service d'état-major, les officiers brevetés, qui n'appartiennent pas à une arme montée, sont autorisés à employer un cheval de troupe, et ont droit, de plus, à une indemnité mensuelle de 40 francs. Les artilleurs de forteresse (il y en a deux ou trois chaque année) sont, comme nous l'a fait remarquer un officier de cette arme, lésés par les termes de cette excellente disposition. Seuls, pendant le troisième stage, ils n'ont pas droit à l'indemnité mensuelle qui, somme toute, est une restitution déguisée des frais de bureau élevés que ces officiers ont dû supporter, sans la moindre compensation, pendant leur séjour à l'École de guerre. On n'y a vraisemblablement pas songé, car on n'eût pas regardé à un excédent de dépense de 80 à 120 fr. par mois pour mettre tous les stagiaires sur un pied d'égalité.

Une dernière observation : pourquoi la durée du congé annuel accordé aux adjoints d'État-major pendant les stages ne peut-elle dépasser quinze jours, alors que les autres officiers, et souvent des sous-officiers, ont droit à un mois ? Ne serait-il pas préférable de prolonger la durée des stages s'il le faut, et d'épargner ces mesures un peu vexatoires à des officiers qui ont eu à cœur de se perfectionner dans l'art de la guerre, pendant trois années de surmenage intellectuel ? Autrefois, un seul stage, le premier, était obligatoire ; les autres étaient facultatifs. Aujourd'hui les trois stages sont imposés. Il conviendrait, semble-t-il, de tenir compte de cette situation nouvelle en supprimant la restriction du congé annuel.

Pendant leur quatrième stage, le chef d'État-major général de l'armée fait rédiger par les adjoints de la catégorie *e* des notes et des mémoires sur des questions d'un ordre élevé, rentrant dans la spécialité de l'État-major. Après ces épreuves et l'examen de ces travaux, il désigne au Ministre de la Guerre les officiers dignes d'être promus capitaines d'État-major, ou d'obtenir un avancement exceptionnel dans leur arme. La promotion se fait au mois de septembre de chaque année.

Nous avons résumé, très brièvement, les dispositions qui règlent l'existence de notre pépinière d'officiers d'élite. Bien que nous ayions formulé çà et là quelques critiques de détail, personne ne se méprendra sur la valeur et la portée de ces excellentes réformes. Les auteurs des nouveaux arrêtés royaux ont fait preuve des intentions les plus louables et d'une compétence incontestable. Ils ont fourni la preuve qu'à sa tête l'armée belge possède des chefs éclairés, dans lesquels on pourrait, au moment du danger, avoir la pleine confiance qui engendre le succès.

***

BIBLIOGRAPHIE

I

Œuvres complètes de Christiaan Huygens, publiées par la Société Hollandaise des Sciences. Tome onzième. Travaux mathématiques, 1645-1651. La Haye. Martinus Nyhoff. 1908. — Un vol. in-4° de 367 pages.

Œuvres Complètes de Christiaan Huygens, publiées par la Société Hollandaise des Sciences. Tome douzième. Travaux de mathématiques pures, 1652-1656. La Haye. Martinus Nyhoff. 1910. — Un vol. in-4° de 297 pages.

I. Le tome onzième des *Œuvres complètes de Christiaan Huygens*, consacré à ses travaux mathématiques des années 1645 à 1651, se divise en quatre parties, précédées chacune d'un avertissement par les éditeurs. Les trois premières sont inédites.

1° *Travaux divers de jeunesse.* Sous ce titre se trouvent réunies les pièces composées par Huygens en 1645 et 1646. Il avait alors 17 et 18 ans. C'était un jeune homme, presqu'encore un enfant ; il importe de ne pas l'oublier. Aussi plusieurs de ces pièces n'ont guère plus d'importance qu'un devoir de très bon élève. Mais cet élève est Christiaan Huygens. Il y a un intérêt véritable à voir comment ses facultés extraordinaires se sont développées et de quelle manière son esprit a été préparé aux travaux plus considérables qui n'allaient pas tarder à suivre. Les devoirs de Huygens publiés ici sont au nombre de quinze, ou plus exactement de quatorze, car l'un d'eux est de la main de Frans Van Schooten et a été composé en vue des études du jeune Christiaan, son élève. Les éditeurs en signalent quatre, comme plus particulièrement remarquables : le n° 6, *de catena pendente ;* le n° 11, quadrature de la parabole et cubature de

ses solides de révolution ; le n° 14, *de motu naturaliter accelerato ;* le n° 15, de la sphère et de la parabole.

2° *De iis quae liquido supernatant libri tres (1650).* Sous ce titre les éditeurs nous donnent un projet de traité sur l'équilibre des corps flottants, inspiré évidemment à Huygens par la lecture du traité d'Archimède qui porte le même titre.

Le géomètre grec s'était borné aux segments sphériques et aux conoïdes paraboliques. Il était tout indiqué d'étudier l'équilibre d'autres figures géométriques simples. De plus, traitant l'équilibre de la chaîne, Huygens avait reconnu qu'un principe unique permettait de résoudre toutes les questions sur l'équilibre des corps soumis à l'action de la pesanteur, comme force motrice : leur centre de gravité se place toujours le plus bas possible. Il commence par y rattacher les résultats obtenus par Archimède. C'est l'objet du livre I.

Dans le livre II, il s'occupe de l'équilibre du parallélipipède rectangle flottant. Chose au premier abord étonnante, il ne résout pas ce problème par la méthode générale indiquée au livre I ; mais il considère le couple formé par l'action de la gravité sur le corps flottant et la poussée du liquide vers le haut. La première de ces forces est appliquée au centre de gravité du corps, la seconde l'est au centre de gravité de la partie submergée. Une étude plus approfondie du manuscrit nous donne l'explication de ce changement de méthode. Le livre I a été de la part de l'auteur l'objet d'une révision qu'il n'a étendue ni au livre II, ni au livre III : De l'équilibre du cylindre flottant.

Huygens portait lui-même sur son travail un jugement sévère : « Omnia mutanda, tout est à changer », écrivait-il, six ans plus tard, en tête du manuscrit. En 1659, nouvelle note de sa main : « Pleraque rejicienda sunt, si non omnia ; quia speculatio parum utilitatis habet, quamquam Archimedes ipse in his operam posuit. La plus grande partie est à rejeter, pour ne pas dire tout. C'est une étude de peu d'utilité, quoiqu'elle ait occupé Archimède. » Enfin dans une troisième circonstance il écrit encore : « E primis theorematis *(sic)* quaedam retineri possent ; item de cylindris. Reliqua vulcano tradenda. On pourrait conserver quelques-uns des premiers théorèmes et l'un ou l'autre de ceux sur le cylindre. Le reste est à jeter au feu. »

« On nous saura gré, croyons-nous, disent les éditeurs, de n'avoir pas donné suite à cette dernière recommandation. » Peu de lecteurs en effet souscriront à ce jugement si sévère porté par Huygens sur ses théorèmes de l'équilibre des corps flottants.

3° *Travaux mathématiques divers de 1650. Problèmes plans et lieux plans.* Les pièces éditées ici sont au nombre de 19. Toutes, à l'exception de trois, ont cet élément commun, d'avoir pour objet des problèmes plans et des lieux plans. Par problèmes plans, les géomètres du dix-septième siècle désignaient, on le sait, ceux qui pouvaient se résoudre par la règle et le compas; par lieux plans, les lieux qui se composaient exclusivement de droites et de cercles. De plus, hormis un seul, tous ces exercices sont inspirés, tantôt directement, tantôt indirectement, par les *Collections mathématiques* de Pappus; les problèmes, par l'aperçu de cet auteur sur les *Inclinaisons* d'Apollonius; les lieux par celui des *Lieux plans* du même géomètre. En 1650, ce genre de recherches occupait beaucoup l'attention.

Aucune de ces pièces, disent les éditeurs, ne s'élève au niveau de l'ouvrage : *De iis quæ liquido supernatant* de la même année; ni même à celui des meilleures pièces des *Travaux de jeunesse*. Elles font déjà pressentir, semble-t-il, que ni dans le domaine de l'analyse algébrique, ni dans celui de la théorie des nombres, Huygens ne sera le puissant innovateur qui se révèle de prime abord dans la géométrie pure, la dynamique et surtout dans la physique mathématique.

4° Réédition du traité : *Christiani Hugenii Const. F. Theoremata de quadratura Hyperbolæ, Ellipsis et Circuli ex data portionum gravitatis centro. Quibus subjuncta est* Ἐξέτασις *Cyclometriae Cl. Viri Gregorii a S. Vincentio, editae anno CIↃ IↃCXLVII. Lugd. Batavor. Ex officina Elseviriana. Anno CIↃ IↃCLI.* Outre le texte latin, les éditeurs nous donnent en regard la traduction française; le tout est précédé d'un avertissement et accompagné de notes, non seulement utiles pour l'intelligence du texte, mais souvent des plus précieuses pour l'histoire des mathématiques. A ce dernier point de vue, nous appelons notamment l'attention sur l'exposé de la première quadrature du cercle de Grégoire de Saint-Vincent. Pour expliquer l'équivoque et les malentendus qui existaient à ce propos, entre Huygens et Grégoire, les éditeurs y ont une idée neuve, à notre avis fort heureuse. Émise ici une première fois, mais encore avec quelque hésitation, ils la reprennent avec plus de clarté, de fermeté et de précision au tome XII, à l'occasion de la réédition de la lettre de Huygens à Aynscom. Nous la ferons connaître tantôt.

II. — Le tome XII des *Œuvres complètes* est divisé en trois parties. Comme dans le tome précédent, chacune d'elles est

précédée d'un avertissement. La première est inédite, les deux autres sont des réimpressions.

I° *Travaux mathématiques divers de 1652 et 1653. Problèmes plans et solides. Maxima et minima.* En janvier 1652, Huygens commença à s'occuper assidûment de problèmes solides, c'est-à-dire de ceux dont l'analyse algébrique conduit à des équations du troisième et du quatrième degré. Le point de départ de ces nouvelles recherches lui fut, cette fois encore, fourni par Archimède. Il s'agissait de couper une sphère, par un plan, dans un rapport donné. Le géomètre de Syracuse avait abordé le problème, dans son traité *De la Sphère et du Cylindre;* mais sans en achever la solution et en se contentant de le ramener à un problème plus simple, Huygens reprend la question et en donne deux solutions : l'une par l'intersection d'une parabole et d'un cercle (pièce n° I); l'autre par la trisection de l'angle (pièce n° III). Cette dernière a passé avec quelques modifications, dans les *Problematum illustrium constructiones de 1654.* Les analyses des deux solutions ne nous ont malheureusement pas été conservées.

Le second problème solide traité par Huygens est celui des deux moyennes proportionnelles. L'une des multiples solutions connues dès l'antiquité s'obtenait par la conchoïde de Nicomède. Mais par quelle intuition, par quelle analyse le géomètre grec y était-il arrivé? C'est un mystère. Huygens nous expose ses idées sur le sujet (pièce n° II, 20 janvier 1652). Il y suppose implicitement que les anciens étaient en possession d'une analyse algébrique semblable à la nôtre. Plus tard, dans une lettre du 9 août 1652 à Kinner à Löwenthurn, il a formellement exprimé cette opinion. Elle n'est évidemment pas soutenable et ne trouverait plus aujourd'hui un seul champion pour la défendre. Mais Huygens était de son temps et en émettant cette thèse, il se trouvait d'accord avec beaucoup de savants de son époque.

N'insistons pas sur l'erreur de cette conjecture historique. Pour trouver les deux moyennes proportionnelles Huygens résout le problème général suivant : Par un point donné dans le plan d'un angle, mener une sécante telle que le segment intercepté entre les côtés de l'angle aît une longueur donnée. Dans les exercices suivants, il examine les cas particuliers où le problème devient plan. Nous ne le nierons pas, toutes ces questions qui préoccupaient tant les géomètres du XVIIe siècle ont perdu leur importance. En soi, elles sont devenues des exercices d'élèves. On éprouve néanmoins à les parcourir un charme par-

ticulier, tel celui que procure la lecture de l'*Arithmétique universelle* de Newton. Il y a toujours profit à écouter les maîtres traiter les sujets même les plus simples.

Les solutions de Huygens datent des premiers mois de 1652. La plupart d'entre elles ont passé dans les *Quorundam problematum illustrium constructiones*, mais sans les analyses qui les accompagnent ici et sous des rédactions modifiées.

Quelques mois plus tard, en septembre 1653, Huygens aborda deux autres problèmes solides : la détermination des pieds des normales que l'on peut mener d'un point donné à une parabole (pièce n° XIX), et la détermination du point d'inflexion de la conchoïde (pièce n° XX).

Dans cette première partie du volume, on trouve mêlés aux problèmes solides, quelques exercices d'un autre genre. Par exemple : une démonstration algébrique de la formule de Héron exprimant l'aire d'un triangle en fonction des trois côtés, (pièce n° XV) ; la construction de la tangente à la cissoïde (pièce n° XVII) et à la conchoïde (pièce n° XVIII) ; enfin, l'application au triangle d'une méthode inventée par Schooten pour trouver le centre de gravité de certaines figures simples (pièce n° XXI).

2° Réédition du *Christiani Hugenii, Const. F. De circuli magnitudine inventa. Accedunt ejusdem Problematum quorundam illustrium Constructiones. Lugduni Batavorum. Apud Johannem et Danielem Elzevier, Academ. Typogr. CIↃIↃCLIV.* Le texte latin y est de nouveau accompagné d'une traduction française en regard, de notes nombreuses, et d'un avertissement.

Ce petit volume de Huygens est en réalité composé, on le sait, de deux traités différents : la quadrature du cercle, d'après la méthode d'Archimède ; la solution de huit problèmes fameux chez les anciens : *Quorundam problematum illustrium constructiones.*

Dans le traité de la quadrature du cercle, Huygens énonce une série de théorèmes importants. Ils ont pour but de resserrer beaucoup les limites de l'erreur du calcul de π par la méthode des polygones réguliers inscrits et circonscrits au cercle. Formulés en style du XVIIIe siècle, ces théorèmes sont parfois pour nous difficiles à comprendre. Il en va de Huygens, comme de beaucoup de ses contemporains et notamment de son illustre émule Grégoire de St-Vincent. Nous ne saisissons plus le sens de leurs théorèmes, même les plus clairs, sans les traduire en notations algébriques modernes. Traduction pas toujours commode à faire ! J'en appelle à tous ceux qui s'y sont essayés ! Les

éditeurs ont rendu un service signalé en multipliant à ce propos les indications et les notes. Elles doublent le prix de leur magnifique publication !

Quant aux problèmes célèbres, leurs riches commentaires ont un but différent. Huygens en a publié les solutions à la manière des anciens, c'est-à-dire sous une forme synthétique et sans les analyses qui l'y avaient conduit. Mais ces analyses ont été conservées. Elles forment précisément l'objet des principales pièces publiées dans la première partie du volume actuel. Les éditeurs y renvoient en faisant en détail l'histoire de la solution de chaque problème.

Plus tard le grand géomètre revint encore, en passant, aux sujets traités dans les problèmes célèbres et leur consacra quelques notes manuscrites. Elles nous sont données dans quatre Appendices.

3° Réédition de la *Christiani Hugenii Const. F. ad C. V. Franc. Xav. Ainscom* (sic) *epistola, quâ diluuntur ea quibus* Ἐξέτασις *Cyclometriae Gregorii a S^to Vincentio impugnata fuit. Hagae Comitum, Apud Adrianum Vlacq CIƆIƆCLVI.* La lettre de Huygens à Aynscom est accompagnée d'une traduction française. Elle est en outre précédée, non seulement d'un Avertissement, comme les autres rééditions de ces deux volumes, mais encore du passage entier de l'*Expositio ac deductio geometrica* d'Aynscom (*Antverpiae, Apud Iacobum Meursium, Anno M.DC.LVI*) auquel la lettre de Huygens répond et de la traduction française de ce passage.

L'avertissement est si neuf, si important pour l'histoire des mathématiques en Belgique, qu'un moment j'ai voulu le transcrire ici en entier. En voici du moins le fragment principal.

« En composant l'Ἐξέτασις *Cyclometriae Ill. Viri Gregorii a S. Vincentio*, Huygens avait espéré de pouvoir, par la lucidité de son exposition et la force de ses arguments, convaincre Grégoire lui-même de l'insuffisance de sa quadrature du cercle.

« Après sa publication, en décembre 1651, il fut bientôt désappointé par l'attitude évasive de Grégoire. Nonobstant les insistances de plus en plus pressantes de Huygens, il persistait à réserver son jugement jusqu'au jour où il répondrait à tous ses adversaires à la fois. »

Qu'on me permette ici, en passant, non pas une critique, mais une simple observation. Les éditeurs de Huygens semblent ignorer, ou du moins un peu perdre de vue, que Grégoire affaibli depuis longtemps par une attaque d'apoplexie, n'était

guère en état de répondre, sans se faire aider par ses élèves. Quand Sarasa, Kinner à Löwenthurn et Aynscom prennent la défense du maître, ils tiennent, il est vrai, la plume, mais Grégoire lui-même fait ce qu'il peut en leur fournissant les arguments. Je connais des documents inédits mettant la chose hors de doute, mais ce n'est pas le moment de les publier. Il fallait cependant indiquer sommairement ici la raison de la conduite du jésuite, qui pourrait sans cela paraître étrange.

« Un moment, Huygens se trouva sur le point de perdre patience. Ce fut lorsque dans le brouillon d'une de ses lettres à Grégoire, il lui adressa, entre autres, l'allocution célèbre de Cicéron : *Quousque tandem abuteris patientia nostra !* Mais il se reprend et se contente dans la lettre qu'il lui écrit de prier emphatiquement Grégoire de vouloir du moins lui indiquer en trois mots, combien de fois le rapport 53 à 208 *contient* le rapport 5 à 11, dans le sens de sa 44me proposition du livre X.

» C'est, en effet, de la réponse à donner à cette question que dépend la réduction à l'absurde qui constitue la principale partie de l'Ἐξέτασις. Une réponse numérique aurait permis de calculer, en admettant la justesse de la quadrature de Grégoire, la valeur du rapport de la circonférence du cercle au diamètre et d'en démontrer la discordance avec la valeur approchée bien connue de ce rapport. Au lieu de cela, Grégoire renvoie à un ouvrage d'un de ses élèves, le père de Sarasa. »

Je viens de dire pourquoi. Mais je ne m'arrête pas à le répéter, car c'est ici que les éditeurs émettent l'idée neuve à laquelle j'ai déjà deux fois fait allusion.

« Il suit des explications du P. de Sarasa, disent-ils, que le sens donné par Grégoire à l'expression *contenir*, est celui-là même que nous avons suggéré dans une note du tome XI et d'après lequel le nombre de fois que le premier rapport contient le second est exprimé par la valeur de n dans l'équation

$$\frac{53}{208} = \left(\frac{5}{11}\right)^n$$

« La réponse ne manquait donc pas de précision, comme on serait tenté de le croire au premier abord ; mais elle impliquait que même en admettant la justesse de toutes les propositions qui avaient amené la première de ses quadratures prétendues, Grégoire n'avait pas donné la quadrature proprement dite du cercle, mais seulement la réduction de cette quadrature à celle de l'hyperbole et aux logarithmes. »

On ne saurait nier que cette définition du mot *contenir* jette un jour nouveau sur toute la controverse soulevée autour de la première quadrature du cercle de Grégoire de St-Vincent.

Plus loin les éditeurs mettent encore en pleine lumière l'erreur commise par Grégoire dans sa deuxième quadrature et comment il s'y embrouilla dans l'emploi des proportions. Mais le passage est trop long pour être transcrit.

H. Bosmans, S. J.

II

Ch. Fr. Gauss. Recherches Arithmétiques. Traduites par A. C. M. Poullet-Delisle. Nouvelle édition. Paris, A. Hermann et fils, 1910. — Un vol. in-4° de xxii-502 pages.

Les *Disquisitiones Arithmeticae* de Gauss parurent en latin, à Leipzig, en 1801, puis en français, sous le titre de *Recherches Arithmétiques, par M. Ch. Fr. Gauss (de Brunswick) ; traduites par A. C. M. Poullet-Delisle, Professeur de Mathématiques au Lycée d'Orléans. A Paris, chez Courcier, 1807*. Depuis lors elles ont été rééditées plusieurs fois dans le texte original latin, notamment dans la grande édition in-4° des *Carl Friedrich Gauss Werke*, publiée par l'Académie Royale des sciences de Gottingue (Tom. 1, Gottingue, 1870).

Les *Disquisitiones Arithmeticae* sont le plus célèbre des ouvrages de Gauss sur les mathématiques pures et contiennent beaucoup de ses plus belles découvertes. Comme la *Théorie des nombres* de Legendre, les *Disquisitiones* sont encore aujourd'hui classiques. Ces deux traités ont été le point de départ de plusieurs études importantes d'arithmétique supérieure. Mais si la *Théorie des nombres* de Legendre est restée toujours accessible aux mathématiciens, en est-il de même des *Disquisitiones* de Gauss ? La langue latine de l'original n'en fait-elle pas un livre fermé pour beaucoup d'entre eux ? Ils ont sans doute la traduction française de Poullet-Delisle ; mais en dehors des grandes bibliothèques publiques elle est malaisée à rencontrer et on ne peut plus, en tous cas, se la procurer à des prix abordables.

M. Hermann a cru, avec raison, qu'une réédition des *Recherches arithmétiques* serait bien reçue par le public. Il nous la donne en reproduisant par le procédé anastatique l'édition de

1807. Tout y est par le fait même conforme à cette édition, jusqu'aux fautes d'impression et aux deux pages d'errata. C'est parfait ; il n'est pas, à mon avis, de meilleure manière de rééditer les ouvrages des grands maîtres. Pourquoi me faut-il cependant faire ici une critique ? Dans son intégrale et si fidèle reproduction de l'édition de 1807, M. Hermann omet le titre original. A quoi rime cette exception unique, qui dépare un peu, et bien inutilement, le volume ? Mais c'est là, je le reconnais volontiers, une remarque de bibliophile. Elle n'enlève rien au mérite vrai de la nouvelle édition des *Recherches Arithmétiques*.

H. B.

III

Éléments de Calcul vectoriel, Application à la Géométrie, à la Mécanique, à la Physique, par C. Burali Forti et R. Marcolongo, traduit par S. Lattés. — Paris, Librairie Hermann et fils.

On s'est peu intéressé, en France, aux travaux de Grassmann, d'Hamilton, aux symbolismes mathématiques, puissants, certes, mais un peu effrayants, au premier abord. Toute notre éducation a été faite avec les coordonnées cartésiennes et nous nous en contentions parfaitement. Il est certain, néanmoins, que certaines théories de la Mécanique et de la Physique gagnent beaucoup à être exposées avec les GRAD, les DIV et les ROT, tous symboles féconds et auxquels on ne renonce jamais quand on les a adoptés.

Les géomètres de langue française accueilleront donc certainement avec faveur le livre de MM. Burali Forti et Marcolongo, si experts en la matière et dont M. Lattés donne une excellente traduction.

Le lecteur verra, avec le plus vif intérêt, ce que deviennent, dans cette langue nouvelle, les formules de Serret-Frenet, les théorèmes de Green et de Stokes, les équations de Maxwell et Hertz, celles de Lorentz, en Électrodynamique.

Un long appendice montre ce que sont les formes de Grassmann comparées à celles d'Hamilton. On a beaucoup discuté sur les divers symbolismes et la question est sans issue : tout dépend d'un chacun, de ses aptitudes : la bonne méthode est celle que l'on a le mieux et le plus vite comprise.

Et ceci est la constatation d'un fait ; ce n'est à aucun degré ni scepticisme ni ironie.

Nos cerveaux ne sont pas tous identiques et c'est peut-être un avantage pour le progrès de la Science.

Il est certain que le livre que nous présentons est très utile et bien fait ; il est certain aussi que des gens, qui ne sont pourtant pas imbéciles, voudront conserver leurs bonnes vieilles coordonnées cartésiennes.

Elles ont des avantages, surtout dans le pays de Descartes !

ADHÉMAR.

IV

INTRODUCTION A LA THÉORIE DES FONCTIONS D'UNE VARIABLE, par JULES TANNERY, tome second. — Paris, Librairie Hermann et fils.

M. Jules Tannery vient de mourir et, dans ses dernières années, il s'est attaché à développer davantage son ancien et distingué ouvrage et à donner une seconde édition en deux volumes.

Ayant ainsi élargi les cadres primitifs, M. Tannery a pu, à la fois, développer davantage les parties anciennes de son livre et en ajouter de nouvelles.

M. Tannery débute par une étude détaillée des *intégrales réelles,* avec les diverses formes de théorèmes de la moyenne, qui permettent de faire sortir un facteur du signe somme.

Comme application, il donne les intégrales eulériennes.

Puis il passe aux *développements en série* et à un long chapitre intitulé : *Langage géométrique.*

Le but de M. Tannery dépend ici de sa philosophie : il tient essentiellement à fonder l'analyse sur le pur nombre, à éliminer l'intuition géométrique, à ne point la laisser apparente.

Personne ne contestera la légitimité du point de vue de l'auteur non plus que son haut intérêt, mais aussi aucun professeur, je crois, ne voudrait suivre trop systématiquement cette voie, dans l'enseignement.

Nous arrivons alors aux *variables imaginaires,* qui étaient exclues de la première édition.

Même éloge philosophique et même observation pédagogique :

Il est fort intéressant de parler d'abord des *séries*, mais un

étudiant a tout avantage à ce qu'on lui montre immédiatement l'*Intégrale de Cauchy*, si riche, si puissante, si maniable. Ceci n'est à aucun degré un reproche, mais un avertissement à l'usage des étudiants peu avancés : M. Tannery écrit surtout pour les maîtres et ceux-ci ont beaucoup à prendre dans ses beaux livres, si détaillés, si méthodiques, si riches.

Une superbe note de M. Hadamard sur l'*Indice de Kronecker* termine l'ouvrage et en augmente grandement la valeur scientifique.

On arrive à un progrès considérable dans la théorie des fonctions implicites, dans la théorie de l'inversion des fonctions continues, dans l'espace à n dimensions.

ADHÉMAR.

V

WAHRSCHEINLICHKEITSRECHNUNG UND IHRE ANWENDUNG AUF FEHLERAUSGLEICHUNG, STATISTIK UND LEBENSVERSICHERUNG, von EMANUEL CZUBER, o. ö. Professor an der Technischen Hochschule in Wien. II Band., 2e Auflage, in-8° de IV-470 pages. — Leipzig, Teubner, 1910.

L'*Assurance* (1) a pour objet l'application des notions d'économie domestique qui doivent aider la famille et l'individu dans les diverses circonstances de la vie. Elle a aussi pour but de réparer les infortunes, conséquences d'événements prévus et imprévus. Appliquée rationnellement, l'assurance peut amener la transformation de la société, en dirigeant et en aidant l'effort personnel du travailleur vers l'amélioration de sa situation et de celle de sa famille.

Toutefois cette application rationnelle ne s'étendra dans la vie sociale que lorsque les mathématiques de la science actuarielle seront entrées dans la pratique de ceux qui sont appelés, soit directement, soit indirectement, à s'occuper de la prévoyance sous ses différentes formes.

Plusieurs directeurs d'établissements d'instruction ont compris

(1) Le 1er volume de cet ouvrage, édité en 1908, contient : les principes généraux du calcul des probabilités avec les applications au jeu, et la théorie des erreurs d'observation.

cette nécessité et ont orienté leurs cours dans cette nouvelle direction. Londres, Vienne, Paris, Göttingen, Bruxelles, Anvers, etc., ont, soit une Université qui décerne le diplôme d'expert d'assurances de l'État (Université de Göttingen), soit une École supérieure de finance (Institut St. Ignace, Anvers), où l'on enseigne la théorie et la pratique des assurances.

Plusieurs professeurs ont publié leur cours, et la nouvelle édition du second volume du *Wahrscheinlichkeitsrechnung und Lebensversicherung* vient enrichir cette bibliographie déjà considérable.

La science actuarielle est une application du calcul des probabilités, que la statistique rend possible en fournissant les indications nécessaires à l'appréciation de la fréquence des risques qu'il s'agit de couvrir. C'est à cette application qu'est consacré l'ouvrage de M. Czuber. Il est plus simple et mieux ordonné que le *Text Book* (1) de l'Institut des Actuaires de Londres dû à M. G. King. On sait d'ailleurs que l'éminent professeur de la *Technischen Hochschule* de Vienne est dès longtemps passé maître en tout ce qui touche au calcul des probabilités (2).

Signalons comme spécialement originales les représentations géométriques des données statistiques. Ces courbes permettent non seulement de se rendre mieux compte de la marche de la probabilité, mais elles aident aussi à l'ajustement des tables par la correction des à-coups imprévus des statistiques brutes.

La *Prämienrückgewähr*, ou le calcul des primes d'assurances en cas de remboursement partiel ou total des primes est un problème plutôt théorique que pratique.

Il est regrettable que l'auteur ne se soit pas toujours conformé aux décisions prises au second congrès international des actuaires. Dans le premier congrès (3) on décida unanimement

(1) Le second volume du *Text Book* a été traduit par Amédée Bégault. — Bruxelles, Bruylant-Christophe, 1894.

(2) En 1879, il publie la traduction du *Cours du calcul des probabilités*, de Meyer, édité par Folie en 1874. En 1884, *Une monographie sur les probabilités géométriques*. (traduite par M. le Capitaine Schuermans). En 1891, *Monographie sur la théorie des erreurs d'observation*. En 1899, *Histoire complète du calcul des probabilités*. En 1902-03, la 1re édition de l'ouvrage dont nous signalons la seconde édition.

(3) *Documents du premier Congrès international d'Actuaires*, Bruxelles, 2e édition, Bruylant-Christophe, 1900.

l'emploi d'une notation universelle ; au second congrès (1) l'on fit choix de la notation de l'Institut des actuaires de Londres. M. Czuber, en adoptant presque toutes ces notations, change la notation N_x qui au lieu d'être égale à $D_{x+1} + D_{x+2} + \cdots + D_\omega$ devient, chez lui, égale à $D_x + D_{x+1} + \cdots + D_{\omega-1}$; d'où la valeur de a_x est, en notation universelle, $a_x = \frac{N_x}{D_x}$ et ici $a_x = \frac{N_{x+1}}{D_x}$. Notons également que le dernier âge est représenté par le symbole $\omega - 1$ et non pas ω, d'où il suit que M_x sera, dans la notation de M. Czuber, égale à $C_x + C_{x+1} + \cdots + C_{\omega-1}$.

A la page 77 il aurait été avantageux d'écrire les trois premières lignes du tableau [1], ce qui eût fait remarquer l'erreur de la $z^{\text{ième}}$ ligne : on doit y lire $a_{(z-1)n+1}, a_{(z-1)n+2}, \ldots a_{zn}$ au lieu de $a_{n-1)z+1}, a_{n-1)z+2}, \ldots a_{zn}$.

Ces critiques de détail n'enlèvent rien au mérite essentiel de l'ouvrage, et nous souhaitons qu'une traduction française le mette bientôt à la portée d'un plus grand nombre de lecteurs.

Voici un résumé de la Table des matières :

CHAPITRE IV. LA STATISTIQUE MATHÉMATIQUE

Section I. *Les phénomènes de la masse humaine.* 1. Description mathématique des masses et de leurs phénomènes. Conception de la probabilité dans la statistique mathématique. — 2. Stabilité des nombres statistiques proportionnels et des moyennes.

Section II. *Mesure de la mortalité.* 1. La mesure de la mortalité.—2. Théorie fondamentale de la population. — 3. Tables de mortalité. 4. Ajustement des Tables.

Section III. *L'invalidité et la mortalité.*

CHAPITRE V. BASE MATHÉMATIQUE DES ASSURANCES-VIE

Section I. *Valeur des assurances.* 1. Les bases. — 2. Les assurances-vie et les rentes viagères. — 3. Les assurances en cas de décès. — 4. L'assurance mixte et l'assurance à terme fixe. — 5. Les rentes et les assurances au décès par payements spéciaux. — 6. Les rentes sur plusieurs têtes groupées. — 7. Les assurances-vie sur plusieurs têtes groupées. — 8. Valeur des assurances dépendant de l'invalidité.

Section II. *Les primes.* 1. Les primes uniques et annuelles. — 2. Les primes variables. — 3. Assurances avec ristourne de primes. — 4. Les primes moyennes. Assurance sociale.

Section III. *La réserve des primes.* 1. Théorie de la réserve des primes. —

(1) *Transactions of the second international actuarial Congress.* — Charles and Edwin Layton, London, 1898.

2. Calcul de la réserve des primes des différentes combinaisons d'assurance. — 3. Rachat des polices d'assurance. Conversion en une assurance libre de primes. Abandon. — 4. Les risques de l'assurence-vie. — 5. Tables numériques.

J. S.

VI

Description et usage de l'Astrolabe a prisme, par A. Claude et L. Driencourt. Un vol. in-8° de XXX-392 pages, avec 35 fig. et 7 planches. — Paris, Gauthier-Villars, 1910.

La *méthode des hauteurs égales* est, théoriquement, la plus précise, la plus facile et la plus rapide que l'on puisse appliquer à la solution du problème de l'astronomie de position pris dans toute sa généralité. Mais pour lui faire produire des résultats en rapport avec ses mérites théoriques, il fallut attendre la création d'un instrument approprié qui existe aujourd'hui sous le nom d'*Astrolabe à prisme*.

La description et l'usage de cet instrument intéressent les spécialistes : c'est aux astronomes, aux géodésiens, aux explorateurs chargés de travaux de géographie mathématique que s'adresse l'ouvrage de MM. A. Claude et L. Driencourt.

Il se compose de deux parties très inégales : la première, qui comprend les chapitres I à VI, est plus particulièrement descriptive et théorique. Les chapitres I et II contiennent les principes de l'astrolabe à prisme, l'étude de l'influence des erreurs instrumentales, la description des deux types d'instruments, les procédés à employer pour leur réglage et la marche des images dans le champ de la lunette de chacun d'eux. Le chapitre III est entièrement consacré à l'exposition de la méthode générale des hauteurs égales pour la détermination de la latitude et de l'heure et de son application au cas particulier des hauteurs observables avec l'astrolabe à prisme. Il débute par l'exposé des notations et conventions adoptées qui sont les plus commodes pour l'Astronomie de position, et par une étude de la précision de la droite de hauteur, question qu'on ne trouve traitée nulle part et qui est fondamentale pour tous les problèmes d'Astronomie où interviennent les mesures de hauteurs d'astres.

Le problème général des hauteurs égales est abordé ensuite. La solution géométrique, extrêmement simple en théorie, est

inacceptable en pratique, et il est nécessaire d'avoir recours au calcul pour le tracé des cercles de hauteur approchés. Ceux-ci peuvent être remplacés par des droites ; d'autre part, on peut substituer à la sphère une projection plane. Les limites dans lesquelles les substitutions sont permises sont nettement définies. Le problème se trouve ainsi ramené à celui du tracé d'un cercle sur un plan connaissant un certain nombre de tangentes. Les différents procédés de calcul et de construction graphique sont successivement étudiés et comparés entre eux. Enfin, on trouve les formules pour le choix de la solution graphique par la méthode des moindres carrés et la marche à suivre pour tracer directement le cercle tangent sur le graphique à grande échelle avec une approximation suffisante dans la plupart des cas. La détermination des éléments approchés complète cet exposé du problème général. Le chapitre se termine par l'étude d'un problème particulier intéressant, celui de la détermination de l'heure en un lieu de latitude connue. Ce problème est susceptible d'une solution très rapide au moyen d'une table d'angles horaires dont le mode de construction est donné.

La détermination des longitudes par les hauteurs égales de la Lune et d'étoiles, qui forme la matière du chapitre IV, est traitée également par la méthode des lieux géométriques. Cette application de la méthode est nouvelle et constitue un perfectionnement relativement aux anciens procédés. La position de la Lune au moment de l'observation est définie sur une projection plane à grande échelle par l'intersection de deux droites, dont l'une est graduée en temps du premier méridien ; l'heure du premier méridien s'obtient ainsi par simple lecture. Des formules donnent l'effet produit sur la longitude par une erreur sur chacun des éléments qui entrent dans sa détermination.

Les chapitres V et VI concernent la préparation des observations et l'identification des étoiles inconnues observées. Ces deux problèmes qui sont inverses l'un de l'autre sont résolus d'abord par le calcul, puis nomographiquement et au moyen de tables. La préparation des circomméridiennes qui réclame plus de précision, de même que la recherche précise d'une étoile inconnue observée, font l'objet d'études spéciales. On a omis de parler de l'identification de *toutes les étoiles* lorsque la colatitude et l'état de la montre sont inconnus. Il faudrait pour cela avoir une carte céleste assez exacte dans le genre de celle qu'avait publiée l'ingénieur hydrographe Chazallon en 1850 et dont on ne trouve plus que de rares exemplaires. La solution de ce problème

est un nouvel exemple des services que peuvent rendre les méthodes graphiques.

La deuxième partie est formée du septième et dernier chapitre intitulé *Pratique des observations et des calculs*. Elle renferme, classées dans l'ordre où l'on peut en avoir besoin, toutes les notions vraiment pratiques acquises au cours de la première, avec des exemples de séries d'observations et de détermination de longitude. Les tables générales de préparation, à défaut de l'abaque général, figurent à la suite du numéro relatif à leur emploi. Les auteurs ont adopté pour les tableaux numériques de calages et de calculs les dispositions que leur expérience leur a fait reconnaître comme étant les meilleurs. Ces tableaux ont été autographiés de façon à servir de types qu'on n'ait qu'à copier sans avoir à modifier les dimensions des colonnes. Les graphiques peuvent être pris également comme modèles.

L'ouvrage se termine par une note sur les conditions de parallélisme des rayons lumineux quelconques réfléchis à l'intérieur d'un prisme.

R. T.

VII

Les théories modernes du Soleil, par G. Bosler, astronome à l'Observatoire de Meudon (*Encyclopédie scientifique*, Bibliothèque astronomique, n° 16). Un vol. in-8° de 370 pages, avec 49 figures dans le texte. — Paris, Octave Doin, 1910.

La physique solaire s'ouvre par la découverte, en 1610, et l'étude de la distribution, de la fréquence et des déplacements apparents des taches du Soleil, rendues possibles par l'application de la lunette à l'observation des phénomènes astronomiques. Ses progrès, d'abord lents, sont devenus très rapides et n'ont cessé de grandir, depuis l'invention du spectroscope et la fondation de l'analyse spectrale, en 1860, aidée plus tard par la photographie. Ils ont porté sur un nombre croissant de phénomènes grandioses variés, touchant à la constitution physique et à la composition chimique du Soleil, aux manifestations diverses de son activité, aux lois empiriques qui régissent ces manifestations et les rattachent à la vie physique du globe terrestre.

Pendant longtemps, l'étude de la *photosphère* seule, des granulations qui la recouvrent, des *taches* et des *facules* qu'elle emporte avec elle en une rotation dont la vitesse angulaire varie avec la latitude, a retenu l'attention ; après l'invention du spectroscope, des expéditions lointaines se sont organisées pour étendre ces observations, pendant la totalité, toujours très courte, des éclipses du Soleil, à l'*atmosphère* complexe qui l'entoure : à la *couche renversante* à la *chromosphère* et aux *protubérances,* à la *couronne* et à ses *rayons.*

En 1868, Janssen et Lockyer nous ont appris à observer la *chromosphère* et les *protubérances*, en tout temps, mais *sur le pourtour du disque solaire seulement.*

Plus tard, vers 1892, l'invention du spectrohéliographe a permis de poursuivre *en tout temps,* l'étude des couches basses et des couches moyennes de l'atmosphère *sur toute la surface du Soleil tournée vers nous.* Cette méthode s'applique non seulement à toutes les vapeurs qui donnent une raie d'émission ou une raie d'absorption, mais aux couches successives d'une même vapeur, qui se distinguent par des largeurs et des aspects différents des parties d'une même raie ; de plus, elle nous renseigne non seulement sur la distribution et les formes de ces vapeurs, mais sur leurs mouvements à ces différents niveaux.

Ces admirables recherches, inaugurées en France par M. Deslandres et, en Amérique, par M. Hale, sont abordées maintenant dans plusieurs observatoires spécialement bien outillés. Elles ont abouti, récemment, à une découverte du plus haut intérêt et de très grande conséquence, due à M. Hale : celle d'un champ magnétique entourant les taches.

M. Bosler expose ces conquêtes, en suivant, autant que possible, l'ordre historique des découvertes et en les rapprochant des hypothèses explicatives et des travaux théoriques qu'elles ont provoqués : c'est la partie essentielle de son livre.

Ces explications et ces théories sont nombreuses et d'inégale valeur. Les unes — ce ne sont pas les moins bonnes — se tenant aussi près que possible des faits d'observation, se bornent à envisager un phénomène solaire particulier ; d'autres, moins modestes, se mettent plus à l'aise et prétendent s'élever à de plus vastes synthèses, fallût-il, pour y atteindre, échafauder des hypothèses et se condamner à rester superficiel.

Toutes s'inspirent du même procédé : elles partent de lois physiques établies dans nos laboratoires et de faits terrestres connus, pour transporter ceux-ci dans la fournaise solaire, en

les exagérant, et en supposant qu'ils y restent soumis aux mêmes lois. Ce sont ces extrapolations formidables qui font la faiblesse de ces vues ingénieuses mais souvent téméraires.

Les phénomènes dont notre atmosphère est le siège, ceux qui se passent dans nos modestes fourneaux, toutes les grandes découvertes de la physique, toutes les hypothèses qu'elles ont suggérées, sont entrées tour à tour dans la construction de théories solaires se renouvelant sans cesse sans s'achever jamais. Chacune d'elles contient sans doute quelques parcelles de vérité, et il en est, où, vraisemblablement, elles abondent ; mais elles s'y trouvent si intimement mélangées aux conjectures gratuites, aux généralisations hâtives, aux conclusions branlantes que le triage en est rendu très difficile.

M. Bosler nous donne un exposé critique excellent de ces travaux en insistant, comme il convient, sur les plus féconds. Son livre s'adresse aux hommes du métier, et leur sera très utile ; mais bien des pages peuvent être comprises par le grand public et sont de nature à l'intéresser.

Voici un aperçu des conclusions.

Il n'y a pas de théorie générale du Soleil ; mais un certain nombre de points importants semblent dès maintenant établis. La température superficielle du Soleil gazeux est vraisemblablement comprise entre 6000° et 12000°. Tous les corps connus doivent donc s'y trouver dissociés et il est possible que cette dissociation, comme le veut Lockyer, aille plus loin que les éléments ultimes envisagés dans nos laboratoires par les chimistes.

La viscosité intérieure du Soleil, due en grande partie à la seule gravitation, semble devoir être très considérable, comme M. See a cherché à l'établir.

Que la photosphère soit constituée, ainsi que le voulait Faye, par une enveloppe de nuages issus des condensations et peut-être des combinaisons qu'amène le refroidissement superficiel, c'est là un point assez généralement admis aujourd'hui, sauf par les partisans de Schmidt et de Julius : l'idée soutenue par ces derniers d'une photosphère sans réalité physique et due à une sorte d'illusion d'optique, présente, au premier regard, un air de paradoxe ; de fait elle soulève des objections sérieuses, mais il est possible que la dispersion anomale, sur laquelle Julius base sa théorie solaire, joue un rôle dans l'aspect des protubérances et leurs mouvements fantastiques.

L'existence des courants de convection dans toute la masse solaire a été mise en doute, pour des raisons variées, par Brester,

d'Oppolzer et See. Young l'admet, et son opinion semble la plus vraisemblable.

La nature des taches solaires reste entourée de mystères. On ne peut plus affirmer qu'elles soient toujours des dépressions de la surface photosphérique par rapport à son niveau, et on ne sait pas si elles correspondent à des régions relativement froides ou surchauffées. La théorie cyclonique de Faye semble la plus en faveur, malgré les objections graves qu'elle soulève ; la découverte récente du champ magnétique des taches, créé par des tourbillons emportant des particules électrisées, lui est favorable.

Parmi les études mathématiques de l'équilibre dynamique et thermique du Soleil, M. Bosler retient surtout le mémoire de Homer Lane, les travaux de lord Kelvin et de See, la théorie d'Emden, celle d'Ekholm sur la périodicité des taches et la viscosité intérieure du noyau ; sur cette même périodicité et l'accélération équatoriale de la rotation du Soleil, l'explication de Wilsing et de Sampson ; enfin la théorie de Wilezynski.

On a cru trouver dans la contraction du Soleil, suggérée par Helmholtz, une explication définitive de l'origine et de la conservation du rayonnement solaire. Elle semble aujourd'hui ne pouvoir suffire à la tâche. Il est probable qu'il y a autre chose encore : Si nous ne connaissons pas cette source mystérieuse de chaleur et d'énergie, écrit M. Bosler, nous observons du moins des phénomènes qui lui ressemblent. C'est pourquoi nous pensons qu'il faut beaucoup espérer des recherches nouvelles sur la radioactivité et la dissociation de la matière, bien qu'il soit encore impossible de rien préciser.

L'idée d'une *action directe* du Soleil sur le magnétisme terrestre, que l'on croyait condamnée, est revenue au jour dans des travaux dus à Bigelow ; toutefois l'hypothèse d'une *action indirecte* a des partisans de plus en plus nombreux : Schuster, Arrhénius, Birkeland, entre autres, qui utilisent, comme Wood et Deslandres dans la théorie de la Couronne, l'intervention des électrons et de l'inonisation des couches extrêmes de l'atmosphère terrestre. Nordman tend au même but, en faisant intervenir des ondes hertziennes émanées du Soleil, mais dont la réalité reste une hypothèse non vérifiée jusqu'ici.

J. T.

VIII

Spectroscopie astronomique, par P. Salet, astronome à l'Observatoire de Paris. *(Encyclopédie scientifique,* Bibliothèque Astronomique, n° 27). Un vol. in-8° de 431 pages, avec 44 figures et une planche hors texte. — Paris, Octave Doin, 1909.

Les instruments et les méthodes de l'analyse spectrale sont devenus les auxiliaires les plus précieux de l'astronomie physique, et leur application à l'étude des astres n'a cessé de se montrer de plus en plus féconde. Le but de M. Salet est de passer en revue ces instruments, de décrire ces méthodes d'observation et de grouper leurs résultats immédiats. Son livre rappelle, par les matières qui y sont traitées et le plan qui les coordonne, l'ouvrage bien connu *Die Spectralanalyse der Gestirne* du professeur J. Scheiner, publié en 1890 et traduit en anglais par M. Edwin Brant Froost, en 1898, sous le titre *A Treatise on Astronomical Spectroscopy*, après avoir été revu et mis à jour. Mais, depuis douze ans, la science a singulièrement progressé, et ses conquêtes se sont multipliées : les révélations des spectrohéliographes, entre autres, n'ont pu trouver qu'une place très restreinte dans le traité de 1898 ; elles étaient alors à leur début ; ici elles s'étalent riches d'importantes découvertes et pleines de promesses.

Le livre de M. Salet est un instrument de travail que les astrophysiciens accueilleront avec faveur ; il est aussi une source abondante de renseignements bibliographiques. Il est écrit avec précision et clarté par un astronome qui a la pratique des choses dont il parle et connaît, pour en avoir triomphé, les difficultés qu'on y rencontre.

Il se prête mal à une brève analyse ; nous nous bornerons au résumé de la table des matières.

Introduction. Chapitre I. Spectroscopes. Spectromètres. Spectropolarimètres. Écrans colorés. — Chapitre II. Spectroscopes astronomiques ou Téléspectroscopes. Spectroscopes oculaires. Réglage et méthodes d'observation. — Chapitre III. Appareils spectroscopiques spéciaux. Spectroscope à protubérances. Spectrohéliographes. Prisme-objectif. — Chapitre IV. Mesures d'étalons de longueurs d'onde. Réseaux. — Chapitre V. Causes physiques amenant des changements dans l'apparence ou dans la position des raies spectrales. — Chapitre VI. Application du principe de Döppler-Fizeau. — Chapitre VII. Spectre normal du Soleil. Raies de Fraunhofer. Loi de Kirchhoff.

Limites du spectre dans l'ultra-violet et l'infra-rouge. Raies telluriques. — CHAPITRE VIII. Spectres des différentes parties du disque solaire : taches, facules, bords du Soleil. Spectre anomal. Spectre de l'atmosphère solaire. Chromosphère et protubérances. Couche renversante. Couronne. — CHAPITRE IX. Spectres des Planètes, des satellites, de la lumière zodiacale. — CHAPITRE X. Les Comètes. — CHAPITRE XI. Spectres des Étoiles. Classifications de Secchi, Vogel, Lockyer, Pickering, etc. — CHAPITRE XII. Spectres des étoiles nouvelles. — CHAPITRE XIII. Spectre des nébuleuses.

J. T.

IX

OBSERVATOIRE DE ZI-KA-WEI. CALENDRIER-ANNUAIRE POUR 1911. Un vol. in-16 de 171-68 pages, nombreuses planches et cartes hors texte. — Chang-Hai, Imprimerie de la Mission catholique, à l'Orphelinat de T'ou-sé-wé, 1910.

A ceux de nos lecteurs que la Chine intéresse au point de vue des usages locaux de la division du temps et des saisons, du climat, de la géographie et de l'histoire naturelle, du commerce, de l'industrie, des travaux publics, des missions catholiques, etc., nous signalons cette intéressante collection des Annuaires publiés par les Pères Jésuites de l'Observatoire de Zi-Ka-Wei : ils y trouveront des renseignements variés et de première main sur une foule de sujets. On en jugera par ce très rapide aperçu de la table des matières de l'ANNUAIRE POUR 1911, le neuvième de la série.

Code de l'Observatoire de Zi-Ka-Wei. Signaux locaux du port de Chang-Hai (heure, état du temps) ; signaux communs aux sémaphores de toute la Chine ; signaux locaux internationaux. — *Liste des Bureaux de poste par districts et sous-districts.* — *Calendrier ecclésiastique. Éphémérides. Calendrier chinois. Phénomènes astronomiques. Temps sidéral à midi. Passages et digressions de la Polaire. Positions moyennes d'étoiles. Les 24 fuseaux horaires.* — *Marées dans le Yang-tse et à Chang-Hai. Crues du Yang-tse. Établissements et unités de quelques ports.* — *Année météorologique moyenne à Zi-Ka-Wei. Pluie,* fréquence, abondance, averses ; sécheresse ; dégâts et retards dus aux averses dans les chantiers de construction. — *Nouvelle division administrative de Mandchourie.* — *Ports ouverts.* — *Faits météorologiques, journal phénologique, événements divers.*

— *Notes sur les chemins de fer en Chine,* complétant une notice publié dans l'ANNUAIRE DE 1908.

A la fin de 1909, on comptait en Chine 7000 kilomètres environ de rail ouverts à la circulation, y compris les lignes de Mandchourie. Cela faisait à peu près 1600 kilomètres de plus qu'à la fin de 1906. Les Usines de Han-Yang ont fourni, en 1909, 28 500 tonnes de rails et clous (le double de l'année 1908) à l'usage des chemins de fer Chinois du Tché-kiang, du Kiang-sou, du Fou-kien, du Koang-tong, du Kiang-si, ainsi que des lignes de Tien-tsin-P'ou-K'eou, Canton-Han-K'eou et Péking-Han-K'eou. Pour pouvoir suffir à la demande, l'usine a dû établir un nouveau haut fourneau. Son fonctionnement devait, à partir d'avril 1910, doubler la production du saumon de fer.

Des dix lignes actuellement en exploitation, deux équilibrent leurs recettes et leurs dépenses, six sont en perte, pour les deux autres il y a bénéfice ; sur *l'ensemble* le bénéfice est de 7 millions de taels.

Sur tout cela l'ANNUAIRE donne des renseignements détaillés et joint des cartes relatives aux lignes en exploitation, aux lignes en construction et aux lignes en projet plus ou moins officiel, ou plus ou moins vague. « Pour ces deux dernières catégories, écrivent les auteurs de l'ANNUAIRE, il est vrai que le vague et l'aléa demeurent encore parfois très grands. Aussi avons-nous essayé de distinguer sur nos cartes, ce qui, parmi les projets méritant mention, paraît être vraiment officiel et sérieux, et ce qui semble encore douteux, prématuré et insuffisamment garanti. »

Viennent ensuite les renseignements relatifs à l'organisation de l'Église et des Missions catholiques en Chine : on y compte 1 293 634 chrétiens et 2078 prêtres, dont 640 prêtres indigènes.

Un appendice contient de nombreuses tables relatives à l'astronomie et à la physique du Globe, aux mesures chinoises et japonaises, aux monnaies, etc.

Signalons aussi une petite notice curieuse sur *le chant des oiseaux et la nébulosité,* et un rapprochement instructif entre le tremblement de terre du 8 janvier 1910 et celui du 24 juillet 1668, copieusement décrit dans les annales chinoises.

J. T.

X

Les actions a distance, par G. Combebiac, Chef de bataillon du Génie, Docteur ès sciences mathématiques. (Ouvrage faisant partie de la collection *Scientia*). — 88 pp., Paris, Gauthier-Villars, 1910.

Le commandant Combebiac est de ceux que tente, en dépit des graves difficultés — insurmontables, d'après M. Duhem — qu'elle présente, « la conception mécaniciste de la Physique », de ceux pour qui les notions fondamentales de cette science ont « une réalité propre, une nécessité objective échappant entièrement à l'arbitraire humain » au lieu d'être « de simples moyens de représentation plus ou moins *commodes* pour l'esprit », de ceux, en un mot, qui aspirent à voir s'affirmer « le déterminisme complet des phénomènes ».

Il ne cherche, d'ailleurs, en aucune façon à dissimuler les difficultés qui font actuellement obstacle à la réalisation de ce rêve, mais il croit, pour sa part, qu'elles pourront finalement être vaincues par un élargissement de la Mécanique de d'Alembert et de Lagrange dont il juge qu'il conviendrait, avant tout, de s'efforcer de développer toutes les conséquences.

La fin philosophique qui le préoccupe visiblement n'est point, au reste, pour lui faire perdre de vue l'utilité que l'on peut, abstraction faite de la connaissance des causes, retirer des *lois* déjà acquises, et il rend hommage, à ce propos, à l'œuvre thermodynamique de son principal contradicteur ; mais, pour lui, la découverte de ces lois n'est pas le but suprême de la science qui reste la recherche des causes.

Cela dit pour indiquer, en quelques mots, l'esprit dans lequel a été conçu ce petit ouvrage, nous ajouterons que l'ambition de l'auteur ne vise pas à donner ces explications mécaniques qu'il attend et qu'il espère ; il essaye seulement, à l'occasion des actions à distance, de faire entrevoir leur possibilité en mettant en évidence certaines analogies qu'il juge de nature à frapper les esprits. Il estime, en effet, que l'analogie est « l'un des plus efficaces moyens utilisés par l'esprit humain dans son effort d'adaptation au déterminisme naturel ». Et il ajoute : « N'est-elle pas (l'analogie) le plus apte à développer en l'homme le sens des choses, fin suprême pour la Science comme pour l'Art ? Reconnaître une analogie, n'est-ce pas pressentir une communauté

de cause, une parenté sinon une filiation ? » Ces analogies, c'est, au reste, sous la forme mathématique qu'il s'efforce de les faire ressortir, et, à ce propos, il remarque très justement que « les Mathématiques sont particulièrement aptes à rapprocher les domaines en apparence les plus éloignés, à réaliser les synthèses les plus inattendues, à suggérer les divinations les plus fécondes ; elles pénètrent de plus en plus tous les domaines scientifiques et ne sauraient plus être traitées en kabbale abstruse accessible seulement à un petit nombre d'initiés ».

Les notations et formules dont l'auteur fait usage sont, au reste, celles du calcul vectoriel, dont on sait toute la commodité pour les spéculations physiques, et auxquelles, en dehors du chapitre premier où il les définit, il consacre, à la fin du volume, une courte note suffisante pour mettre le lecteur à même d'appliquer les règles les plus usuelles de ce genre spécial de calcul.

Ayant encore consacré deux courts chapitres à l'expression de l'action exercée sur un corps immergé et aux sphériques harmoniques (auxquelles il aura à recourir par la suite) il aborde dans le chapitre IV l'étude si curieuse des sphères pulsantes et oscillantes, inaugurée par V. Bjerknes à la suite des remarquables expériences de son père C. A. Bjerknes, étude qui offre de frappantes analogies avec celle des aimants élémentaires.

Arrivé au terme de cette étude, l'auteur fait observer que l'on trouve « dans l'action exercée par un fluide en mouvement sur un corps immergé les divers caractères que peuvent présenter les effets mécaniques : inertie, forces conservatrices, viscosité ». Et il ajoute, conformément à la tendance philosophique qui domine son travail, que « rien n'empêche de penser que ce qui n'est, pour le moment, qu'une illustration dynamique pourra devenir une véritable explication par suite d'une connaissance plus approfondie de la nature intime de la matière. » Peut-être, sur ce point, se fait-il quelque illusion. Il n'en reste pas moins que les analogies qu'il met si clairement en lumière sont d'un haut intérêt.

Le chapitre V est consacré de même à l'étude des sphères faiblement compressibles dont M. A. Kprn a fait le fondement d'une explication de la gravitation ainsi que de la viscosité des gaz, et le chapitre VI, à celle des anneaux infiniment déliés, qui fait ressortir d'étonnantes analogies entre les phénomènes hydrodynamiques et les phénomènes électrodynamiques ; ces analogies peuvent d'ailleurs être rattachées, d'une façon très intéressante, à des formules plus générales dues à C. Neumann,

ainsi que l'auteur le montre dans son chapitre VII. Mais, ainsi qu'il le fait très explicitement remarquer, si « l'assimilation est complète, au point de vue cinétique, entre les éléments du mouvement du fluide et du champ électromagnétique dû à ces courants,... cette assimilation ne se poursuit pas au point de vue dynamique.... En effet, en Hydrodynamique, les flux, ainsi qu'on l'a vu, jouent le rôle de vitesses et, par suite, les modules celui de quantités de mouvement ; c'est, au contraire, en assimilant les intensités des courants à des vitesses que Maxwell obtient les expressions des forces électromagnétiques, ainsi que celles des forces électromotrices d'induction au moyen de la formule de Lagrange,... » Et l'auteur souligne l'impossibilité d'assigner, dans ces conditions, un rôle mécanique au diélectrique.

Cette difficulté de réduire strictement tous les phénomènes physiques à de simples conceptions mécaniques, que l'auteur, nous le répétons, ne cherche pas à masquer, mais qu'il voudrait ne pas croire irréductible, il y revient dans le chapitre VIII qui est fort intéressant quelque idée que l'on se fasse du fond de la question. Pour lui « la complication que semble nécessiter la coexistence des champs électrique et magnétique et leur influence réciproque n'est peut-être qu'apparente », et il estime qu'on peut, à cet égard, attendre un secours efficace de l'intervention de l'élasticité et des mouvements n'admettant pas de fonctions de vitesses. Des considérations qu'il développe dans cet ordre d'idées, il semble résulter que, si un fluide sensiblement incompressible est animé de deux mouvements dont l'un admet une fonction de vitesses de forme déterminée, tandis que la vitesse de l'autre a, aux divers points du fluide, une expression de forme également déterminée, « un tel fluide exercerait, sur une sphère pulsante animée d'un mouvement de translation, une action présentant une étroite analogie avec celle que subit un corpuscule électrisé en mouvement dans un champ magnétique ». Et il termine en émettant l'avis qu'il est « permis d'espérer que cette voie est susceptible de conduire à une conception simple et concrète de l'éther ».

Le chapitre IX, qui constitue la conclusion philosophique de l'ouvrage, est le résumé des idées de l'auteur sur les explications mécaniques en physique, idées qui, nous l'avons déjà dit, se trouvent en contradiction avec celles que soutiennent les physiciens de l'école de M. Duhem, baptisée par le commandant Combebiac du nom d'école de l'*antiréalisme scientifique*.

Selon lui, de ce que « les qualités provisoirement primor-

diales de la matière ont toutes des effets mécaniques, c'est-à-dire donnent lieu à des forces », et que « en outre, elles ne présentent aucun caractère de permanence comme la matière elle-même ou les corps chimiques », mais qu' « elles se transforment, au contraire, pour ainsi dire, les unes dans les autres, selon une merveilleuse loi d'équivalence », on peut tirer « un motif de présomption en faveur d'une étroite parenté de ces qualités, un indice tout à fait exceptionnel d'une communauté d'origine ». Il en fait ressortir encore d'autres auxquels il attache de l'importance et ne trouve, pour sa part, « aucun fondement aux objections qui ont été élevées contre l'existence d'explications mécaniques par les actions à distance », estimant que « seul le caractère général de ces objections a pu faire illusion ».

Finalement, l'auteur émet l'opinion que « contrairement à ce que pense M. Duhem, la question, loin d'être transcendante à la méthode physique, l'est, au contraire, à la spéculation rationnelle ». Et, plein de confiance dans le succès final de l'explication mécaniste du monde physique, il s'écrie : « Laissons donc à l'avenir tous ses droits ».

Nous avons tenu, par les citations qui précèdent, à définir le terrain sur lequel l'auteur a entendu se placer en face de ses adversaires. Ceux-ci ne manqueraient sans doute pas d'arguments pour la riposte ; mais, pour le lecteur désintéressé en ce débat philosophique, il ne reste pas moins que l'exposé, remarquablement net, du commandant Combebiac, plein d'aperçus originaux, ouvre des horizons fort intéressants sur l'application des méthodes mathématiques à l'étude des concepts de la physique, et que, par là — pour employer un vocable aujourd'hui d'un usage courant — il se montre particulièrement suggestif.

M. O.

XI

Traité de Radioactivité, par Mme P. Curie. Deux volumes, grand in-8° de XIII-426 et 542 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1910.

Tandis que la *Radio-activity* de Rutherford, parue en 1904, avait une seconde édition dès l'année suivante, la France, qui avait pourtant la première ouvert cette voie nouvelle à la science,

ne possédait encore sur ce passionnant sujet que des compilations de seconde main et des articles de vulgarisation. Le magistral Traité publié à la fin de l'année dernière par l'illustre auteur de la découverte du Radium vient enfin de combler cette lacune. Sous une plume aussi exceptionnellement compétente, il va sans dire que les extraordinaires et encore si mystérieuses propriétés des corps radioactifs sont exposées avec une autorité et une ampleur qui ne laissent rien à désirer. L'ordre et la clarté du développement ne sont pas moins dignes d'admiration.

Le plan suivi diffère un peu de celui de Rutherford ; il y a d'abord un aperçu de la théorie des électrons et un chapitre sur les procédés d'étude et de mesures, comme dans l'auteur anglais ; mais Mme Curie s'attache ensuite avec plus de complaisance au développement historique de la question, à partir des recherches faites sur l'Uranium et sur les minéraux radioactifs, et elle traite avec une prédilection marquée le problème de la séparation des corps radioactifs de leurs gangues. Prédilection bien légitime, puisque c'est la recherche d'une méthode de purification qui l'a menée jusqu'à la découverte capitale du Radium.

Viennent ensuite quatre autres chapitres généraux dont voici les titres : Radioactivité à durée limitée, radioactivité induite, etc. Gaz radioactifs ou émanations. Radioactivité induite. Théorie des transformations des corps radioactifs. On remarquera qu'il n'est pas encore traité jusqu'ici *ex professo* de la nature des rayonnements divers émis par les substances radioactives. Ce sera l'objet du premier chapitre du tome II : rayons α, rayons β, rayons γ, rayons δ (ou électrons de faible vitesse). On peut se permettre de trouver cet ordre assez peu logique. Il est impossible, en effet, de parler des transformations des corps radioactifs sans faire d'hypothèses sur la nature des radiations. Il en est à peu près de même de la radioactivité induite et des émanations. Dans ces conditions, les redites sont inévitables. On aurait tort néanmoins d'y attacher trop d'importance, car il n'est guère possible d'y échapper entièrement dans l'état actuel de la science, et Rutherford n'en est pas tout à fait exempt non plus, bien qu'il place le chapitre sur la nature des radiations immédiatement après celui des méthodes de mesure, ce qui nous semble préférable.

Les phénomènes divers, autres que les radiations proprement dites, présentés par les substances radioactives, tels que les effets lumineux, chimiques, physiologiques, calorifiques, la condensation de la vapeur d'eau et l'ionisation en général, occupent

les deux chapitres suivants, et ont reçu le développement que comporte leur importance. Quatre chapitres sont alors consacrés aux propriétés radioactives particulières des quatre « radioéléments » actuellement connus : Uranium, Radium, Thorium, Actinium, et de leurs familles respectives. Ils sont suivis d'un chapitre qui leur sert en quelque sorte de conclusion, et qui traite des analogies et liaisons entre les familles d'éléments radioactifs. Cette synthèse est très intéressante.

Enfin, nous trouvons, comme il est naturel, un dernier chapitre sur la radioactivité du sol et de l'atmosphère.

Tel est, dans ses grandes lignes, le contenu de l'ouvrage. Ce qu'il importe d'ajouter, car cette aride nomenclature ne peut donner une idée adéquate de la richesse de ce contenu, c'est que tout ce qui a paru d'important sur la radioactivité jusqu'en 1910 s'y trouve mis en œuvre. Si l'on considère que la 2e édition de Rutherford est de 1905, et que nous avons affaire à une science nouvelle qui n'est en train de révolutionner la Physique que depuis 1896, il est aisé de comprendre que ces cinq années de différence dans la date de publication des ouvrages des deux grands maîtres de la radioactivité correspondent à des stades de développement déjà très nettement différenciés.

D'excellents tableaux synoptiques donnant les propriétés principales des corps radioactifs et leurs parentés, celles des minéraux radioactifs, les constantes fondamentales, un appendice sur la séparation du Radium métallique, couronnement tout récent des magnifiques travaux de Mme Curie, enfin des planches très instructives et très bien exécutées (parmi lesquelles le magnifique portrait de Pierre Curie, qui se trouve déjà dans ses œuvres publiées par la Société Française de Physique), contribuent à faire de l'œuvre monumentale de Mme Curie le manuel obligatoire de quiconque veut entreprendre des recherches en radioactivité ou prendre une connaissance solide de ce qui a été réalisé jusqu'ici.

Signalons, pour finir, quelques petites négligences qu'il sera facile de faire disparaître dans une nouvelle édition. L'excellent électromètre bilifaire de Wulf, qui commence à être très employé dans les recherches de radioactivité, n'est pas décrit. Dans le premier volume (p. 354) la masse des particules α est encore considérée comme égale à celle de l'atome de l'Hélium. L'auteur décrit cependant au début du second volume (p. 159) les belles expériences de Rutherford et Geiger qui montrent que l'atome

d'Hélium porte deux charges élémentaires. Dans le même volume, à la page 228, on trouve deux fois Kelwin pour Kelvin.

V. S.

XII

Leçons sur l'Électricité professées à l'Institut électrotechnique Montefiore, par Éric Gerard, Directeur de cet Institut. Huitième édition entièrement refondue. Deux volumes in-8°. Tome I. *Théorie de l'électricité et du magnétisme. Électrométrie. Théorie et construction des générateurs électriques ;* XII-975 pp., avec 458 figures. Tome II. *Transformateurs. Canalisation et distribution de l'énergie électrique. Application de l'électricité à la télégraphie, à la téléphonie, à l'éclairage, à la production et à la transmission de la puissance motrice, à la traction, à la métallurgie et à la chimie industrielle ;* VII-990 pages avec 489 figures. — Paris, Gauthier-Villars, 1910.

Nous avons annoncé la publication des éditions antérieures de ce magistral ouvrage, et nous avons dit le soin que prend l'auteur de le tenir au courant des progrès de la science électrique et de ses applications. Il est d'ailleurs trop universellement connu et apprécié pour qu'il ne soit pas superflu d'en faire encore une fois l'éloge. Nous nous bornerons à signaler les modifications introduites dans cette huitième édition.

L'exposé du Magnétisme fait ressortir la différence, ordinairement négligée par les praticiens, entre le flux de force et le flux d'induction.

Le nouvel exposé de l'Électrostatique permet de développer les résultats conduisant à l'hypothèse des électrons. Les chapitres consacrés à l'Électromagnétisme, à l'induction et aux ondes électriques tiennent compte des nombreux travaux que ces sujets ont inspirés. Un complément contient des vues d'ensemble sur les électrons et les interprétations auxquelles ils conduisent en ce qui concerne la constitution de la matière, la gravitation, les phénomènes lumineux, la conductibilité électrique des fluides et des solides.

Vient ensuite un Chapitre inédit. Les commençants sont souvent embarrassés par la multiplicité des grandeurs et des notions nouvelles propres à la théorie de l'Électricité. Pour leur

venir en aide, un résumé réunit les définitions, formules et théorèmes relatifs à cette théorie. Cette abondante matière a été condensée en une feuille d'impression, de manière à former un aide-mémoire qui sera apprécié par les étudiants et, en général, par les personnes qui veulent avoir une idée nette des lois fondamentales sur la matière.

Dans le Chapitre des Mesures, les essais magnétiques ont été développés.

L'exposé des machines dynamo-électriques présente de nombreuses transformations. Dans le Chapitre traitant des enroulements, la rédaction a été remaniée et les figures ont été dessinées suivant un plan nouveau, plus clair et plus logique que le précédent. De même le Chapitre relatif aux caractéristiques a été refondu. La construction des dynamos est présentée avec les améliorations que l'expérience a suggérées, spécialement en ce qui concerne les machines à grande vitesse angulaire, que les turbines à vapeur ont multipliées dans ces derniers temps. Citons les compléments se rapportant à la fabrication mécanique des induits, les formules relatives à la commutation et à la tension de réactance, les artifices nécessaires à la suppression des étincelles et notamment les enroulements compensateurs et les pôles de commutation. Divers types nouveaux de dynamos ont été décrits et plusieurs projets sont présentés sous forme de tableaux, suivant l'usage admis dans les bureaux des constructeurs.

En ce qui concerne les alternateurs, les machines pour turbines ont également nécessité de nombreuses modifications à la rédaction antérieure ; ces modèles s'appuient sur des données parfois très différentes de celles admises pour les machines lentes. On remarquera également l'étude des courbes périodiques et leurs harmoniques, ainsi que les remaniements apportés à l'exposé de la prédétermination des caractéristiques.

L. R.

XIII

Les enroulements industriels des machines a courant continu et a courant alternatif, théorie et pratique, par Eugène Marec, avec une Préface de Paul Janet. Un vol. de ix-240 pages, avec 212 figures. — Paris, Gauthier-Villars, 1910.

« L'ouvrage que nous présentons aujourd'hui au public, écrit M. P. Janet dans la Préface, répond à un besoin dont on se rendra compte si l'on réfléchit aux conditions de travail de l'industrie moderne. Autrefois le jeune ingénieur, à la fin de ses études, devait faire un apprentissage assez long dans l'industrie où il était engagé et y acquérait la connaissance des secrets propres à cette industrie. Aujourd'hui ces secrets n'existent plus guère et j'en trouve la preuve dans la libéralité avec laquelle d'importants ateliers de construction ont bien voulu fournir des renseignements à l'auteur de ce livre. Mais en revanche on exige de plus en plus que, dès la sortie de l'École, l'ingénieur débutant ait des connaissances pratiques étendues, afin d'abréger d'autant la période d'initiation dont nous parlions plus haut et de rendre plus immédiatement efficaces les services qu'on est en droit de lui demander. C'est sous l'influence de ce besoin que les Écoles telles que l'École supérieure d'Électricité se sont organisées : l'étude approfondie de la construction des machines électriques y tient une grande place ; elle y est appuyée sur de nombreux exercices faits à l'atelier. Appelé par ses fonctions à diriger ces exercices, et en particulier les plus difficiles, mais aussi les plus utiles, je veux dire les travaux d'enroulement, M. Marec, chef d'atelier à l'École supérieure d'Électricité et ingénieur diplômé de cette École, a dû, depuis plusieurs années, amasser un grand nombre de documents sur ce sujet. C'est de cette expérience acquise que M. Marec tient à faire aujourd'hui profiter le public. Il en résulte, dans l'exposé des principes généraux sur lesquels repose la réalisation des enroulements, un caractère très particulier et très personnel de clarté et de simplicité que ne manqueront pas d'apprécier les lecteurs de cet ouvrage.

» A ce point de vue, nous estimons qu'il peut rendre de grands services à une très large catégorie de personnes, aux étudiants en électrotechnique d'abord, en les faisant profiter de nombreux renseignements et documents qu'il serait difficile de se procurer ailleurs ; aux ingénieurs ensuite, non spécialistes de la question, qui seront peut-être bien aises de se tenir au courant d'une branche particulière de la construction électrique. C'est pourquoi nous souhaitons vivement que ce livre trouve auprès du public l'accueil qu'il mérite, et nous pensons que son succès devra être la mesure des services que, à notre avis, il est capable de rendre. »

Ajoutons que le Traité de M. Marec se limite aux cas indu-

striels et s'adresse aux ingénieurs qui désirent bien connaître la constitution des induits modernes. Le cadre de l'ouvrage étant ainsi limité, l'auteur s'est appliqué à créer une forme nouvelle d'exposition, aussi rationnelle que possible, qui permet de s'assimiler facilement ces questions trop souvent négligées. Les enroulements en courants alternatifs sont d'une étude très simple, et la disposition adoptée (un schéma par page) facilite beaucoup la lecture, que rendent attrayante de nombreuses photographies.

N. N.

XIV

Bibliothèque de l'élève-ingénieur. — I. Lignes électriques aériennes, étude et construction, par Ph. Girardet. Un vol. in-8° de 181 pages. — II. Lignes électriques souterraines, étude, pose, essais et recherche de défauts, par Ph. Girardet et W. Dubi. Un vol. in-8° de 207 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1910.

Ces deux fascicules forment un traité *pratique* de construction et d'essai des lignes électriques aériennes et souterraines : c'est un recueil éminement instructif des multiples problèmes avec lesquels se trouve aux prises, à chaque instant, l'ingénieur appelé à installer et à exploiter un réseau électrique aérien ou souterrain ; écrit avec clarté par des hommes de métier, qui y ont mis tous les enseignements de leur expérience personnelle, il enrichit la *Bibliothèque de l'élève-ingénieur* d'un traité très bien approprié à la formation post-scolaire de l'ingénieur, en un genre de travaux des plus actuels et de plus en plus importants.

Voici un résumé de la table des matières de chacun de ces deux fascicules.

I. — Chap. I. *Métal de la ligne.* Choix de la section. Choix du métal. — Chap. II. *Supports.* Poteaux en bois, en treillis, en fer profilé, en ciment armé. — Chap. III. *Armements.* — Chap. IV. *Isolateurs.* Choix, essais, précautions à prendre. — Chap. V. *Fabrication des poteaux en ciment armé.* Mode de fabrication. Organisation d'un chantier de poteaux. Fabrication des armatures. Moulage. — Chap. VI. *Étude du tracé.* Détermination du tracé général. Recherche des autorisations. Traités d'autorisa-

tion. Rédaction. Autorisations précaires. Cas divers. Élagages.— Chap. VII. *Piquetage de la ligne.* — Chap. VIII. *Établissement des dossiers administratifs.* Régime sous lequel sont placées les grandes lignes à haute tension. Demandes d'autorisation sous le régime de la permission de voirie. Dossier principal. Cas de concession avec déclaration d'utilité publique. — Chap. IX. *Préparation de travaux de construction.* — Chap. X. *Travaux de construction.* — Chap. XI. *Questions diverses.* — Chap. XII. *Comptabilité.* — Appendices. 1. Construction des lignes aériennes en aluminium. 2. Complément au chapitre « Établissement des dossiers administratifs ». Textes à consulter. Commentaire de la législation des transports d'énergie. 3. Voirie et classification des routes.

II. — Chap. I. *Considérations générales.* Inconvénients des réseaux aériens urbains. — Chap. II. *Câbles armés.* Composition. Tensions de service. Avantage des câbles armés. Pose et achat des câbles. Marché. — Chap. III. *Les Boîtes.* Boîtes de jonction, de dérivation, d'extrémité, de distribution et de coupures véritables. — Chap. IV. *Essais des câbles avant et après la pose.* Mesure de la résistance du cuivre. Essais d'isolement, de capacité. Essais sous tension. Procès-verbaux. — Chap. V. *Étude d'un réseau.* Difficulté de cette étude. Systèmes de distribution. Etude du tracé. Établissement des dossiers administratifs. — Chap. VI. *Préparation des travaux.* Approvisionnement. Rapidité des travaux. — Chap. VII. *Exécution des tranchées et pose du câble.* Fixation du type des tranchées. Travaux donnés à l'entreprise. Exécution directe. — Chap. VIII. *Établissement des boîtes souterraines.* — Chap. IX. *Comptabilité.* — Chap. X. *Recherche des défauts des câbles.* — Chap. XI. *Méthode dite « de la boucle » ou « du pont ».* — Chap. XII. *Méthode de la résistance absolue.* — Chap. XIII. *Méthode de capacité.* — Chap. XIV. *Méthode de la chute de tension.* — Chap. XV. *Considérations diverses sur les méthodes de recherches de défauts.* — Chap. XVI. *Exemples pratiques.* Méthode de la boucle avec pont en fil d'acier. Méthode de la résistance absolue. Méthode de la capacité. Exemple de deux défauts différents sur le même feeder.

N. N.

XV

Les substances isolantes et les méthodes d'isolement utilisées dans l'industrie électrique, par Jean Escart, ingénieur civil. Un vol. in-8° de xx-314 pages, avec 182 figures. — Paris, Gauthier-Villars, 1911.

Les substances qui interviennent dans le transport de l'énergie électrique peuvent être divisées en deux classes distinctes : la première comprend les substances dites *conductrices*, dont le rôle est de constituer un chemin perméable au courant qui alimente le circuit et de le conduire des appareils générateurs aux appareils récepteurs ; la seconde comprend celles dites *isolantes*, qui limitent le champ d'action du courant, dans son trajet, au fil conducteur qu'il traverse et s'opposent à sa diffusion à travers les matières pouvant se trouver en contact immédiat avec lui. Ces deux catégories de substances concourent donc au même but : l'établissement de lignes parfaitement isolées ; de leur choix en vue de l'installation d'un réseau quelconque dépendent à la fois le rendement économique de celui-ci et la sécurité matérielle.

Il importe donc, aussi bien aux industriels chargés de l'exécution de ces sortes de travaux, qu'aux particuliers ou aux sociétés qui en dirigent l'exploitation et en surveillent l'entretien, de connaître avec une minutieuse précision toutes les particularités qui influent sur les divers éléments d'une installation projetée. Les transports d'énergie électrique à haute tension, qui ont pris dans ces dernières années un développement si considérable, ne paraissent possibles que par la connaissance exacte et la détermination faite à l'avance des facteurs qui interviennent à chaque instant pour maintenir, augmenter ou diminuer l'isolement des conducteurs.

L'ouvrage de M. J. Escard relatif à cette importante question des isolants sera le bienvenu, d'autant plus qu'il n'en existe point, croyons-nous, d'aussi complet.

Toutes les substances actuellement employées comme isolants électriques, leurs propriétés, leurs qualités et leurs défauts, les usages auxquels elles paraissent le plus spécialement destinées, la manière de les utiliser, les essais qu'elles doivent subir avant leur emploi, toutes les particularités qui permettent de se rendre un compte exact de l'état actuel de cette question et des perfec-

tionnements qu'elle est encore en droit d'attendre ont été traitées dans ce volume avec détails.

Le but visé n'a pas été de mettre entre les mains des praticiens une documentation sèche et aride, mais plutôt de les guider dans leurs recherches, en leur faisant connaître les points qui nécessitent plus particulièrement de nouvelles études. La lecture de cet ouvrage leur permettra de contribuer, par une connaissance plus exacte des résultats acquis, à l'essor rapide d'une industrie dont les progrès doivent suivre de près les perfectionnements incessants de la science qui lui a donné naissance.

N. N.

XVI

Dernière évolution du moteur a gaz, par Aimé Witz, membre correspondant de l'Institut, un vol. grand in-8° de 469 pp. avec 168 fig. — Paris, L. Geisler, 1910.

La quatrième édition du *Traité théorique et pratique des Moteurs à Gaz et à Pétrole,* de M. Aimé Witz, a paru en 1904 ; à cette époque, le moteur à gaz occupait déjà dans l'industrie une place considérable : les gazogènes à gaz pauvre avaient fait leurs preuves, l'utilisation directe des gaz de hauts fourneaux et de fours à coke, dont les premières tentatives remontaient à une dizaine d'années, commençait à se développer, et des unités de mille chevaux effectifs se contruisaient partout : l'application du moteur à gaz aux grandes puissances était donc un fait accompli. Le *traité* de M. Witz présentait le tableau exact et complet de la situation ; au double point de vue théorique et pratique, il résumait tout ce qui était acquis et signalait tout ce qui pouvait être espéré.

Dans son nouvel ouvrage, M. Witz s'est proposé de parfaire ce tableau, en décrivant l'évolution qui s'est faite dans l'industrie du moteur à gaz au cours de ces dernières années. L'auteur expose clairement son but dans la très courte préface placée en tête de son livre :

« Ce livre, dit-il, est le complément nécessaire des deux volumes dont se compose la quatrième édition de notre *Traité des Moteurs à Gaz et à Pétrole*, parue en 1904 ; quelques pro-

grès ont encore été réalisés depuis lors ; des formes ont été modifiées, d'heureuses adaptations ont été faites aux multiples besoins de la grande industrie ; en particulier, les puissants moteurs ont pris une place de plus en plus considérable dans les établissements métallurgiques, pour l'utilisation directe des gaz de hauts fourneaux et de fours à coke.

» Les moteurs à gaz continuent la brillante évolution, dont le début a coïncidé avec les premières années de ce siècle : nous nous sommes efforcé d'en écrire l'histoire en d'en caractériser la nature, théorique et pratique, en mettant en lumière les résultats acquis et ceux qu'on a encore le droit d'espérer pour l'avenir. »

Le plan du nouvel ouvrage est calqué sur celui du *Traité*. Dans un premier chapitre, intitulé : *Quelques pages d'histoire*, l'auteur résume à grands traits l'évolution du moteur à gaz depuis 1860, époque où Lenoir contruisait son appareil, jusqu'à l'année qui vient de se terminer. Il passe en revue, dans le chapitre second, les combustibles divers, qui sont l'aliment des moteurs : gaz riches, gaz pauvres, gaz de fours à coke et de hauts fourneaux, essences et alcools ; nous trouvons également dans ce chapitre la description des différents gazogènes imaginés par les constructeurs et qui ont fait leurs preuves.

Le chapitre III aborde les théories : la première partie est consacrée à l'exposé de la théorie générique des moteurs ; dans la seconde, qui traite de la théorie expérimentale, l'auteur, reprenant une idée déjà exposée par lui aux lecteurs de cette REVUE(1), fait un parallèle entre les armes à feu et le moteur à gaz, il montre que le rendement du moteur à gaz est de beaucoup inférieur à celui du canon, et insiste sur l'intérêt qu'il y a à étudier et à s'efforcer de faire disparaître les causes de cette infériorité et, en particulier, à porter une attention toute spéciale sur l'action des parois refroidies, entre lesquelles se font les combustions. La troisième partie de ce chapitre traite de la théorie des turbomoteurs à gaz.

Dans le chapitre IV l'auteur s'occupe des essais et des mesures faits sur les moteurs à gaz. Le chapitre suivant donne la description des différents organes, des dispositifs de réglage, d'allumage, de mise en train. Le chapitre VI passe en revue les moteurs construits jusqu'ici : nous y trouvons des monographies

(1) REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, T. LXI, 20 janvier 1907, *Moteurs à gaz et armes à feu*, par Aimé Witz.

des principaux moteurs à deux et à quatre temps, des moteurs à combustion, à pétrole, des moteurs ultra-légers, exigés par l'aviation et dont les progrès ont été si rapides, enfin des machines à cycle fermé et des turbines à gaz. Un dernier chapitre traite des applications des moteurs et montre comment le moteur à gaz, que d'aucuns déclaraient jadis devoir borner sa sphère d'application à la petite industrie, est devenu un concurrent sérieux de la machine à vapeur et même, dans certains cas, tend de plus en plus à prendre la place de celle-ci, comme, par exemple, dans la métallurgie, grâce à l'utilisation directe des gaz de hauts fourneaux.

La compétence hors de pair de l'auteur nous dispense de faire l'éloge de cet ouvrage ; tous ceux qui ont entre les mains le *Traité des Moteurs à gaz et à Pétrole* voudront y joindre ce complément que recommandent la multiplicité et la précision des renseignements, la clarté de l'exposé et la justesse des appréciations, basées sur les expériences et les essais nombreux faits par l'auteur lui-même.

C. G.

XVII

Machines frigorifiques. Construction, fonctionnement, applications industrielles par le Dr H. Lorenz, professeur à l'École technique de Dantzig, et le Dr Ing. C. Heinel, chargé de cours à l'École technique supérieure de Berlin ; traduit de l'allemand sur la 4me édition par P. Petit, professeur à la Faculté des Sciences de Nancy et Ph. Jacquet, ingénieur.

De même que dans les précédentes éditions, le but de cet ouvrage est d'offrir aux industriels qui possèdent des installations frigorifiques comme aussi à l'ingénieur constructeur, tous les renseignements nécessaires à la solution des problèmes pratiques qu'ils sont appelés à résoudre.

Les auteurs ont évité les développements théoriques trop étendus ; ils se sont attachés à mettre surtout les lecteurs en état de se faire une opinion documentée, dans chaque cas particulier, plutôt qu'à étudier en détail tous les problèmes qui peuvent se présenter.

Il a paru nécessaire d'étudier d'une façon plus complète dans

la nouvelle édition qu'ils viennent de publier, le côté construction, de préciser ce qu'on demande de chaque organe en particulier, de présenter les différentes solutions possibles et enfin d'examiner les avantages et les inconvénients des types les plus courants.

Un chapitre traite spécialement des principes qui doivent présider à l'installation et à l'exploitation de machines frigorifiques ; les renseignements qu'on y lit se complètent par ceux que l'on trouve dans d'autres chapitres à propos de l'étude et de la critique des différents types.

Cette quatrième édition de *Neuere Kuhlmaschinen* est en réalité un ouvrage entièrement nouveau et dénote bien, si on la compare à la première édition française, parue il y a douze ans, l'importance acquise par les questions frigorifiques, soit comme études techniques, soit comme applications industrielles et hygiéniques. Le professeur Lorenz et son collaborateur le Dr Ing. Heinel, ont dans ce domaine une compétence universellement reconnue, et ils ont exercé une influence prédominante sur le développement de l'industrie frigorifique en Allemagne.

Cette quatrième édition allemande a gardé toutes les qualités de clarté et de précision, comme aussi la documentation impeccable de la première. L'édition française s'est efforcée de conserver à l'ouvrage toutes ces qualités et y a pleinement réussi.

Un premier chapitre rappelle quelques notions de thermodynamique et de physique industrielle appliquée à l'étude du froid. Un second chapitre traite ensuite des méthodes générales de production du froid et de l'énergie que consomment les machines frigorifiques. Puis les auteurs entrent immédiatement dans l'application pratique de ces quelques notions théoriques. Ils passent successivement en revue les machines à ammoniaque, à acide sulfureux et acide carbonique et entrent dans tous les détails de leur construction ; tout cela accompagné de dessins très bien appropriés et très complets. Viennent ensuite les machines actionnant les compresseurs, puis les condenseurs et réfrigérants. Cela est suivi d'une revue des machines frigorifiques de petit modèle, d'un chapitre traitant de la machine à absorption, du refroidissement pratique de l'air, des liquides, et de la fabrication de la glace, puis de quelques conseils sur le choix des isolants. Les principales applications du froid artificiel et quelques règles générales sur la surveillance et l'entretien des machines à compression terminent cet ouvrage vraiment pra-

tique et d'une utilité indiscutée pour tous les industriels ayant à s'occuper de la question des machines frigorifiques.

N. S.

XVIII

Toute la chimie minérale par l'Électricité, par Jules Severin. Seconde édition avec un complément. Un vol. in-8° de 808 pages avec plus de 60 figures dans le texte. — Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1910.

M. G. Lemoine, professeur de chimie à l'Ecole polytechnique a rendu compte, dans cette Revue (1), de la première édition de cet ouvrage : nous y renvoyons nos lecteurs.

Le *complément* ajouté à cette nouvelle édition, contient l'indication des recommandations obtenues dans les Revues scientifiques, un travail complet sur l'utilisation du flux et du reflux de la mer, et un certain nombre de recettes nouvelles.

J. T.

XIX

L'Aviation, par Paul Painlevé, membre de l'Institut, Professeur à la Faculté des sciences de Paris et à l'École Polytechnique, et Émile Borel, Professeur à la Faculté des sciences de Paris. — 1 vol. in-16 de 265 pages avec 52 fig. ; Paris, F. Alcan, 1911.

La machine volante, par J. Raibaud, capitaine d'Artillerie, détaché au service de l'aviation militaire à Vincennes. — 1 vol. in-16 de 178 pages avec 47 fig. ; Paris, A. Lahure, 1910.

Par une fortune singulière, l'aviation — et il n'y a d'ailleurs pas lieu de s'en étonner — a suscité un intérêt également passionné dans les milieux les plus divers ; tout d'abord, cela va de soi, parmi les techniciens de la mécanique pour qui le pro-

(1) Revue des Quest. scientifiques, troisième série, t. XIV, octobre 1908, p. 627.

blème s'offrait comme un des plus beaux à résoudre ; puis, parmi les théoriciens de la science qui rencontraient là une source nouvelle de recherches difficiles, contrôlables par l'expérience ; parmi les hommes de sport qui y trouvaient l'occasion de déployer, dans des conditions exceptionnelles, leurs qualités de vigueur, d'endurance, de courage ; parmi les hommes de guerre qui entrevoyaient d'inappréciables ressources à en tirer pour la conduite des opérations militaires ; dans le grand public enfin, captivé par le côté quasi-merveilleux d'une invention qui réalisait définitivement sous ses yeux un rêve caressé par l'humanité depuis les temps les plus reculés.

De là, cet engouement universel qui, dès la première heure, s'est porté vers le nouveau mode de locomotion, la curiosité générale qui s'y attache et qui, vu le besoin de précision de notre époque, ne saurait plus se contenter d'explications sommaires traduites en de vagues à peu près.

Déjà, l'extraordinaire essor de l'automobilisme avait répandu dans le public le goût et même, peut-on dire, le sens des choses de la mécanique. L'aviation n'a fait que confirmer cette tendance en accentuant le besoin d'exposés didactiques, rigoureux et précis sans être trop savants, et dépassant le cercle des spécialistes pour mettre à la portée de tous les notions essentielles sur lesquelles repose l'invention nouvelle.

Tel est le but que visent les ouvrages, excellents tous deux, dont le titre figure ci-dessus, dûs, le premier, à deux savants mathématiciens que l'habitude des spéculations les plus abstraites n'a point détournés des problèmes que nous offre la réalité, le second, à un officier des plus distingués qui, déjà connu pour des études d'un autre genre, relatives aux applications de la science à l'art militaire, est devenu l'un des principaux ouvriers de l'adaptation de l'industrie nouvelle aux besoins de la stratégie.

Il va sans dire qu'il ne saurait être question d'établir ici un parallèle entre ces deux ouvrages qui se recommandent l'un et l'autre par les plus solides qualités ; leur programme est sensiblement le même, mais il est développé avec quelques variantes, d'un volume à l'autre, et quiconque est tant soit peu soucieux des choses de l'aviation sera fatalement amené à prendre connaissance de l'un et de l'autre, celui-ci appuyant davantage sur tel point de détail et celui-là sur tel autre. Puis, lorsqu'on veut s'initier à un sujet nouveau, il n'est pas mauvais, il est même préférable d'en suivre l'exposé sous des plumes diverses lorsque, comme c'est ici le cas, elles sont également

compétentes, attendu que, suivant la nature d'esprit du lecteur, tel côté de la question peut lui apparaître plus nettement du point de vue où s'est placé l'un des auteurs, tel autre de celui où s'est tenu le second.

Quoi qu'il en soit, et pour donner idée de l'ordre des matières adopté dans chacun des volumes que nous avons en vue, nous reproduisons ici les titres généraux de leurs chapitres.

Ouvrage de MM. Painlevé et Borel :

Introduction. — Historique de l'Aviation.

I. — Le vol des oiseaux.
II. — Les orthoptères et les hélicoptères.
III. — Les aéroplanes sans moteur : cerfs-volants et planeurs.
IV. — L'aéroplane.
V. — La manœuvre de l'aéroplane.
VI. — Le rôle de l'angle d'attaque.
VII. — L'avenir de l'aéroplane.

Toute la partie théorique, accessible aux lecteurs qui possèdent une certaine éducation mathématique, est rejetée dans une Note d'environ 75 pages où sont traités, à la suite de notions préliminaires relatives aux moteurs à explosion, aux lois de la résistance de l'air, aux propulseurs hélicoïdaux, les divers problèmes que soulève l'aéroplane (lois du planement ; équilibre ; procédés de stabilisation ; virage). Cette Note est elle-même suivie d'une autre courte Note rappelant à ceux pour qui ils ne constitueraient plus que des souvenirs un peu lointains les principes élémentaires relatifs à la force, au travail, à la puissance, à l'homothétie en mécanique, dont la connaissance est indispensable à la pleine compréhension des aperçus théoriques répandus dans le corps de l'ouvrage, notamment à propos du vol des oiseaux dont les auteurs ont su faire une saisissante description.

Ouvrage du capitaine Raibaud :

I. — La genèse de la machine volante.
II. — Les principes de l'organisation et de la manœuvre de l'aéroplane.
III. — Les principaux aéroplanes actuels.
IV. — La théorie actuelle de l'aéroplane.
V. — Les résultats acquis.
VI. — L'utilisation des machines volantes.
VII. — Le perfectionnement des machines volantes.

Dans l'un et l'autre volume, hommage est rendu aux pionniers de cette nouvelle conquête de l'homme sur la nature, depuis le premier initiateur de l'idée de l'aéroplane, George Cayley, dont les vues émises en 1809 et 1810, et véritablement prophétiques, n'ont été exhumées de l'oubli total où elles étaient tombées qu'en 1874 par Pénaud, lui-même inventeur de grand mérite, jusqu'aux chercheurs opiniâtres les Lilienthal, les Chanute, les Wright, les Ferber, dont les efforts ont précédé la subite éclosion des appareils qui ont définitivement apporté la solution du problème et auxquels, outre celui des frères Wright eux-mêmes, resteront à jamais attachés les noms de Voisin, Blériot, Farman, etc.

« On n'admirera jamais assez, dit éloquemment le capitaine Raibaud, la hardiesse, l'audace, l'ingéniosité, la persévérance des premiers hommes-oiseaux ; de ceux qui, non découragés par les échecs retentissants, les lourdes chutes et les déboires continuels de leurs devanciers, eurent foi dans leur œuvre ; qui s'acharnèrent à réaliser le rêve séculaire, malgré le scepticisme général, le dédain des pseudo-savants, le mépris du vulgaire ; qui ne craignirent pas d'être traités d'illuminés d'abord, de mystificateurs ensuite.

« Ces hommes ont été des inventeurs ; ils ont créé, ils ont fait sortir quelque chose du néant. C'est pourquoi aussi on n'aura jamais trop d'admiration pour l'aéroplane actuel, parce que, quel que soit le progrès que l'avenir lui réserve, il n'en accomplira jamais un pareil à celui qui l'a fait entrer dans la réalité. »

Et, après avoir passé en revue tous tous les progrès dont on peut, dès aujourd'hui, envisager la réalisation, le savant officier termine son remarquable exposé par la réflexion que voici :

« Dans la conquête de l'air, l'avenir réserve bien des surprises ; la plupart, il faut le souhaiter et l'espérer, seront agréables. Tant au point de vue des résultats que des recherches, il y aura de beaux jours pour l'humanité et pour la science. Mais, progressivement, l'époque héroïque actuelle s'effacera dans la brume du passé. La machine volante fera partie de la civilisation comme les chemins de fer, les bateaux à vapeur, l'électricité ; ce jour là, l'homme, las de ramper sur le sol, sera définitivement maître de la troisième dimension de l'espace. »

M. O.

XX

Die psychischen Fähigkeiten der Ameisen. Mit einem Ausblick auf die vergleichende Tierpsychologie. Zweite, bedeutend vermehrte Auflage, von E. Wasmann, S. J. Un vol. in-4°, xi-190 pp. et 5 planches. — Stuttgart, Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung, 1909.

Le myrmécologue universellement connu, le R. P. Wasmann, n'a nul besoin d'être présenté aux lecteurs de cette Revue. Une publication signée de son nom sera nécessairement une œuvre de science très distinguée et très personnelle en même temps qu'une œuvre de pensée forte et claire. Celle dont nous rendons compte aujourd'hui est la réédition, notablement accrue, d'un des mémoires les plus remarqués du savant naturaliste : « Les facultés psychiques des fourmis » ; elle représente la 164e contribution originale de l'auteur à l'étude qui orienta sa carrière scientifique : « zur Kenntniss der Myrmecophilen und Termitophilen ». L'éloquence d'un pareil numéro d'ordre dans une pareille série ne saurait échapper à personne : combien d'œuvres scientifiques peuvent se prévaloir, dès leur première page, d'aussi larges garanties de compétence ?

Le travail du R. P. Wasmann a cette bonne fortune, rare pour un exposé de recherches spéciales, de se développer aux confins de plusieurs disciplines et d'intéresser ainsi très directement plusieurs cercles de lecteurs : non seulement les entomologistes, mais les biologistes et surtout peut-être les psychologues. On sait qu'en psychologie animale comparée Wasmann a conquis une place de premier rang ; ses observations s'imposent par leur ampleur et leur finesse ; quant à ses interprétations, si l'on a certes le droit de les discuter, on n'a plus celui de les ignorer.

Faisons un bref inventaire des richesses que présente ici le R. P. Wasmann à ses lecteurs.

Trois caractéristiques frappent, dès l'abord, dans son travail : Avant tout, sa méthode rigoureusement expérimentale : point d'hypothèses d'agrément ; chaque pas en avant est appuyé sur des faits, puisés presque toujours dans le trésor opulent des longues et minutieuses recherches de l'auteur. Ensuite son caractère largement critique : toujours la pensée de l'auteur est exactement située et définie par rapport à celle des chercheurs dont l'opinion peut avoir un certain poids relativement au sujet

traité ; cette manière de bibliographie critique n'est pas banale, elle tient au cœur même du sujet, et Wasmann l'a vécue avant de la coucher, çà et là, dans son livre, en quelques lignes discrètes et précises. Enfin, la portée psychologique de ce mémoire : elle dépasse de beaucoup le monde des intéressantes bestioles qui livrèrent au chercheur sagace tant d'indices de leur psychisme : tout l'ouvrage, mais plus particulièrement certains chapitres, apporte une contribution des plus précieuses à l'ensemble de la psychologie animale.

Voici maintenant un aperçu des matières traitées.

Après une introduction historique sur les tendances qui dominèrent l'étude de la vie psychique des fourmis, Wasmann, dont le point de vue, en psychologie animale, demeure à égale distance du pur mécanisme et de l'anthropomorphisme, se place résolument devant les yeux, comme représentative d'une des deux positions extrêmes, la théorie reflexe et mécaniste de Bethe. Il annonce son intention de la soumettre, dans le présent mémoire, à un examen critique particulièrement approfondi : il accordera moins d'attention à la tendance « anthropomorphisante », qu'il estime avoir suffisamment soupesée dans ses écrits antérieurs.

Alors, en une série de chapitres, riches de faits spéciaux, l'auteur aborde successivement des problèmes comme ceux-ci : « Comment les fourmis se reconnaissent-elles les unes les autres ? » — « Comment trouvent-elles leur chemin ? » — « Ont-elles des sensations visuelles ? » — « Entendent-elles ? » — « Peuvent-elles communiquer entre elles ? », etc., etc.

Un chapitre très remarquable s'intitule : « Le mimétisme chez les hôtes des fourmis, critère des facultés sensorielles de celles-ci. » Au milieu des controverses actuelles sur la valeur du mimétisme, il convient de signaler aux biologistes non moins qu'aux psychologues cette étude objective et pénétrante, faite tout entière sur pièces originales.

D'autres chapitres élargissent le point de vue et présentent, à propos des fourmis, une ample discussion critique des principes méthodologiques les plus fondamentaux de la psychologie animale. Nous mentionnerons surtout le chapitre X : « Die verschiedenen Formen des Lernens » Dans l'*assimilation psychologique* (nous traduirons ainsi le mot « Lernen », en son sens très général), le P. Wasmann distingue celle que l'individu opère par ses propres moyens et celle qu'il doit à l'influence d'autrui. L'assimilation psychologique autonome s'étage en trois formes-

types : 1. L'exercice instinctif d'une activité réflexe ; 2. L'expérience sensible, sur la base de l'association ; 3. La conclusion rationnelle. De même l'assimilation psychologique subordonnée, « dépendante d'une influence étrangère », « apprise », pourrait-on dire peut-être, présente trois degrés : 1. L'imitation instinctive ; 2. Le dressage ; 3. L'enseignement. Chacune de ces distinctions est discutée et illustrée d'exemples suggestifs. Le P. Wasmann dénie nettement au règne animal le 3e degré de cette double progression ternaire, et ses raisons, purement expérimentales, méritent, certes, à tout le moins un sérieux examen.

Le dernier chapitre : « Die Pfade der neueren Tierpsychologie », jaillit, comme une conclusion théorique, des antécédents accumulés dans chacune des pages qui précèdent ; il s'élève sans effort de la psychologie zoologique à la psychologie générale, après avoir acculé la psychologie mécaniciste au fond d'une triple impasse, d'où elle ne pourrait s'échapper qu'en se reniant elle-même.

Nous permettra-t-on d'exprimer un regret ? C'est que, en pays de langue française, si le nom de Wasmann n'est point ignoré, ses principaux ouvrages n'ont pas — faute de traduction — la large notoriété qu'ils méritent. Et ce regret, qui est en même temps un souhait, se justifie amplement (est-il besoin de le dire ?) du seul point de vue scientifique, abstraction faite même de toute sympathie confessionnelle.

J. Maréchal, S. J.

XXI

Qui sommes-nous ? par l'abbé Th. Moreux, Directeur de l'Observatoire de Bourges. Dessins et photographies de l'auteur. — Broch. petit in-4° de 101 pp. s. d. — Paris, Maison de la Bonne Presse.

L'an dernier, M. l'abbé Moreux avait élucidé la question *D'où venons-nous ?* et il nous avait tracé un magnifique tableau cosmogonique, ensuite géogénique et paléontologique, puis physiologique et enfin sommairement anthropologique des origines de l'univers stellaire, du globe qui nous porte, de l'apparition de la vie et de celle de l'homme créé à l'image de Dieu. D'où résulte la réponse à la question posée : Nous venons de Dieu

à la suite de tout l'univers qui nous entoure, et comme terme de la création.

Aujourd'hui, M. Moreux élucide cette autre question : *Qui sommes-nous ?*, en attendant qu'il traite ces deux autres sujets, actuellement en préparation : *Où sommes-nous* et *Où allons-nous ?*

Le succès obtenu par la première de ces publications, dont 39 000 exemplaires ont été écoulés dans le courant de l'année, fait pressentir celui qu'obtiendra sans aucun doute la seconde.

La question *Qui sommes-nous ?* appelle assez naturellement les théories de la descendance, auxquelles notre auteur se montre résolument opposé en s'appuyant principalement sur les objections de plus en plus nombreuses, que les progrès de la science apportent chaque jour aux systèmes de Lamarck et surtout de Darwin. Et quant à la prétention de faire descendre l'organisme humain d'un ancêtre animal commun à lui et aux quadrumanes ou aux prosimiens, M. Moreux la repousse non moins énergiquement ; il fait remarquer que nulle part, malgré les recherches les plus ardentes, on ne trouve le ou les intermédiaires qui marqueraient la transition des simiens ou prosimiens à l'homme. Puis, se fondant sur les données de la plus saine philosophie scolastique, il fait voir que l'âme, spirituelle et indépendante du lieu, ne peut informer qu'un corps spécialement préparé à cet effet, au-dessus de toute organisation animale proprement dite.

Mais l'homme tout entier, corps et âme, mis en dehors, est-il bien certain que tout système d'évolution transformiste soit désormais forclos de la science? Le darwinisme est abandonné, il est vrai ; mais il y a plusieurs autres systèmes. Dernièrement la Revue de Philosophie, dans une double livraison, en date de septembre-octobre 1910, tout entière consacrée à la question, publiait dix études d'autant d'auteurs différents sur ce sujet comme sur l'origine de la vie. Des réfutations très fortes y sont faites des conceptions matérialistes de cette origine. Mais ces divers auteurs ne sont pas systématiquement opposés à toute idée transformiste ; quelques-uns en admettent le principe dans un horizon à la vérité très limité. La plupart sont d'ailleurs opposés à ce transformisme universel entre espèces, genres, familles et classes, qui avait naguère provoqué tant d'enthousiasmes souvent intéressés. En résumé, l'idée d'évolution transformiste a perdu beaucoup de sa généralité et partant de son importance ; les systèmes se multiplient en opposition souvent les uns aux autres et l'application de cette idée paraît tendre à se res-

treindre en tous cas dans une large mesure. Toujours est-il que nous ignorons encore et peut-être pour longtemps, de quel procédé le Créateur s'est servi pour lancer sur la Terre tout ce qui y a vécu, vit et y vivra.

Quoi qu'il en soit, la belle démonstration de l'action de l'âme de l'homme sur son cerveau et sur l'ensemble de son organisme en dehors de toute localisation, nous vaut, avec figures à l'appui, d'élégantes descriptions de l'encéphale et de différentes formes, suivant les races, et souvent, peut-on dire, suivant les caprices de la nature, du squelette de la tête et du corps humain. La conclusion qui résulte de cette étude comparée est que l'homme est *partout* et a *toujours* été essentiellement le même, ce qui justifie cette parole de Saint Paul aux Athéniens (*Act.* XVII, 26) : « D'un seul homme Dieu a fait sortir tout le genre humain. » D'ailleurs les différences constatées entre les crânes préhistoriques et les crânes actuels ne sont pas plus sensibles que celles que l'on constate aujourd'hui entre ceux des différentes races contemporaines.

La question de l'âge de l'humanité est une de celles qui sont le plus difficiles à résoudre et sur lesquelles les imaginations ont le plus exercé les facultés de la *folle du logis*. Sans pouvoir préciser le nombre des centaines de siècles qui se sont écoulées depuis l'apparition de l'homme sur la terre, on peut cependant d'ores et déjà reléguer au rang des fables les centaines de mille ans ou les millions d'années imaginés par feu Gabriel de Mortillet et son école. Le fameux homme tertiaire qui avait séduit le très savant, mais un peu naïf abbé Bourgeois, sur le vu de quelques cailloux éclatés au soleil du matin, et qui avait donné occasion au dit Mortillet d'inventer son fameux pithécanthrope ou anthropopithèque, — tombe décidément dans la légende avec les non moins fameux *éolithes* dont avait déjà fait justice le regretté A. de Lapparent (1). La démonstration qu'en donne M. l'abbé Moreux est irréfutable. Les crânes et ossements attribués au prétendu précurseur de l'homme, sont bel et bien des ossements humains bien caractérisés et ne diffèrent pas de ceux de certains hommes des générations actuelles.

La fable ou la légende étant écartée, c'est au cours de l'ère quaternaire que l'on est d'accord pour placer l'apparition de

(1) Cf. Le Correspondant, année 1905 et les §§ 4 et 5 de *La philosophie minérale*, 2e partie ; ouvrage posthume signalé ici-même, p. 617 de la livraison d'octobre 1910.

l'homme sur le globe terrestre, à la suite de ce que notre auteur considère comme la troisième expansion glaciaire. Par celle-ci s'est inaugurée l'époque quaternaire (1), et c'est durant une phase de réchauffement qui a suivi, que l'apparition de l'homme se manifeste par les débris de la première industrie paléolithique ou de la pierre taillée. Cette période, appelée interglaciaire, parce qu'une autre expansion l'a suivie, se signale par une faune qu'on a appelée faune *chaude*, parce qu'elle était composée d'animaux impliquant un climat quasi-tropical : hippopotame, éléphant antique, *machairodus* sorte de tigre gigantesque, rhinoceros de Merck, cerf à grands bois *(megaceros)*, etc. ; c'est l'âge des cailloux roulés taillés grossièrement en coups-de-poing, caractérisant l'industrie appelée *chelléenne*, de la localité de Chelles en Seine-et-Marne. Le temps qu'a duré cette période est impossible à déterminer, mais elle a dû être fort longue.

Peu à peu le climat, s'est réfroidi, à la faune chaude succède une faune froide comprenant des animaux à toison comme le mammouth (*Elephas primigenius*), le rhinocéros à narines cloisonnées (*R. tichorinus*), notamment le renne, tandis que l'hippopotame et l'éléphant méridional quittent nos contrées pour aller, plus au Sud, retrouver le chaud climat de jadis. A cette époque, dite *acheuléenne*, de Saint-Acheul près d'Amiens, le *coup-de-poing* est plus régulièrement taillé, moins roulé que son prédécesseur chelléen et s'accompagne de racloirs, de pointes à main ; la hache en silex est également mieux taillée. Cette période prend fin aux premières invasions d'une nouvelle et dernière extension des glaces.

Le froid s'accentuant et le climat devenant de plus en plus humide, l'homme est réduit à se réfugier dans des cavernes, et cependant son industrie s'affine ; ses outils et ses armes de silex sont taillés avec plus d'art mais sur une seule face et subissent de fines retouches. C'est la période *mousterienne* (de Moustier-en-Dordogne). Sur les crânes et débris de crânes trouvés à Néanderthal, à Cannstadt, à La Naulette ; sur les squelettes de Spy près de Namur et de La Chapelle-aux-Saints (Corrèze), M. Moreux résume les discussions et controverses auxquelles ils ont donné lieu, et dont la conclusion dernière ne favorise en aucune façon les inductions qu'une science trop peu désinté-

(1) D'après les vues les plus récentes des glaciairistes et des géologues, les deux périodes glaciaires du pliocène auraient été précédées de plusieurs autres en remontant jusqu'à l'ère secondaire.

ressée s'était hâtée d'établir en faveur de l'antiquité plusieurs milliers de fois séculaire des premiers hommes.

La période moustérienne s'est développée durant toute l'étendue du dernier envahissement des glaces. Déjà le renne, concurremment avec le mammouth, l'ours et l'hyène des cavernes, avait fait partie de la faune froide du moustérien. Quand commença le retrait de la dernière calotte glaciaire, le froid ne laissait pas d'être encore vif ; et le renne, trouvant dans un climat encore arctique de notre Europe méridionale et centrale, des conditions favorables, se développa d'une manière générale. Aussi M. Moreux n'hésite-t-il pas à réunir les périodes *solutréenne* (de Solutré, commune des environs de Macon) à climat humide, et *magdalénienne* (La Madeleine en Périgord) (1) à climat sec, sous la commune dénomination d'âge du renne.

L'emploi d'instruments très perfectionnés en silex taillé, puis en ivoire, en os, en bois de renne ; des tentatives artistiques manifestées par la représentation sculptée ou gravée des animaux contemporains (mammouth, renne, cheval, ours des cavernes), donnent la caractéristique des deux périodes post-glaciaires qui ont précédé l'ère géologique actuelle. Elles paraissent avoir, comme les précédentes, duré de longs siècles.

Puis, les glaces, en se retirant sur les seuls hauts sommets, les hautes altitudes, ont laissé s'établir, dans nos contrées européennes, un climat tempéré, moins inégal. Ce n'est plus la température froide et sèche de l'époque magdalénienne. Aussi le renne s'est-il retiré vers les contrées arctiques ; la marmotte, le chamois, le bouquetin désertant les vallées se sont réfugiés dans les escarpements apparemment inaccessibles des grandes montagnes. Depuis longtemps ont disparu mammouth, rhinoceros tichorinus, ours et hyène des cavernes. La pierre taillée est graduellement remplacée par la pierre polie, le bronze, le fer. De chasseur et artiste qu'il était aux temps magdaléniens, l'homme devient agriculteur et pasteur ; il se livre aux travaux pratiques, à la domestication de divers animaux, le chien tout d'abord, puis le cochon, la chèvre et le mouton, le bœuf, et enfin le cheval. C'est aussi l'époque des monuments mégalithiques, des palafittes, des fortifications primitives, ce qui

(1) M. Moreux intercale, entre le moustérien et le solutréen, une période *aurignacienne,* ajoute une période *azilienne* précédant le néolithique à la suite des magdaléniens. Mais on peut les considérer comme des sous-périodes, la première précédant le solutréen, la seconde suivant le magdalénien.

implique nécessairement des populations réunies en communautés et soumises à une autorité reconnue et obéie.

L'âge néolithique, correspondant, dans notre Europe, à un climat sensiblement analogue à nos climats actuels est, — dernier épanouissement de la préhistoire, — comme la préface, le vestibule des temps historiques.

Dans une très belle conclusion, M. Moreux montre que l'ensemble de ce qui précède a déjà répondu pratiquement à la question : *Qui sommes-nous ?* Tandis que les races animales qui se sont succédé sur notre sol se sont, les unes éteintes telles qu'elles étaient apparues, les autres perpétuées sans autres modifications, dans leur genre de vie, que celles qui leur ont été imposées par les soins attentifs et éclairés de l'homme, celui-ci s'est élevé peu à peu, graduellement, de la misérable condition de l'âge chelléen à la civilisation néolithique. Civilisation bien primitive encore, mais en immense progrès cependant sur l'état où l'homme avait pour principale arme et outil un caillou roulé grossièrement taillé en coup-de-poing. Et il a accompli ce progrès à travers de telles vicissitudes climatériques que plusieurs races animales n'ont pu les supporter et y ont péri ou n'ont pu éviter l'anéantissement qu'en émigrant en des climats soit plus chauds soit plus froids.

Il y a donc, chez l'homme, autre chose que chez l'animal : il y a l'âme pensante, raisonnante et agissante, qui dirige le corps auquel elle est intimement unie, sans d'ailleurs y résider sur un point plutôt que sur un autre. Substance spirituelle, l'âme, comme tous les esprits, est indépendante du lieu et ne se manifeste que par son action. Or son action est celle d'une intelligence qui commande aux organes auxquels elle est unie et les dirige vers des fins voulues et librement déterminées. Qui nous sommes ? Un composé d'esprit et d'organes, d'âme et de corps, ou, comme l'ont dit laconiquement mais expressivement Aristote et après lui saint Thomas : UN ANIMAL RAISONNABLE.

C. DE KIRWAN.

REVUE

DES RECUEILS PÉRIODIQUES

GÉOLOGIE

Le Rôle de l'eau dans les éruptions volcaniques. — Bien que depuis longtemps l'hypothèse de l'intervention de l'eau de mer comme cause déterminante des éruptions volcaniques ait été définitivement abandonnée, le mécanisme des paroxysmes éruptifs était jusqu'ici considéré par tout le monde comme devant s'expliquer par l'action prépondérante de la vapeur d'eau : les gaz volcaniques en étaient constitués en très grande partie, et les nuées du panache en comprenaient, pensait-on, au moins neuf parties sur dix. Les expériences de M. Armand Gautier sur des granites et des porphyres desséchés à 250° C. avaient eu pour résultat de montrer que ces roches, chauffées au rouge, étaient capables de dégager d'énormes quantités de vapeur d'eau.

La tranquillité d'esprit des vulcanologistes vient d'être à nouveau troublée par la publication, dans les Archives des Sciences Physiques et Naturelles de Genève, de plusieurs mémoires dus à M. Albert Brun, qui s'est consacré depuis de longues années à l'étude attentive, sur place, de volcans des cinq parties du monde.

D'après M. Albert Brun, les phénomènes paroxysmaux constitueraient un ensemble de manifestations essentiellement anhydres. Les fumées blanches du panache, celles des fumerolles des cratères sont entièrement sèches, au point que des sels hygroscopiques, qui s'hydratent très vite à l'air humide, se conservent parfaitement solides lorsqu'on les maintient dans ces fumées. De nombreuses analyses faites par M. Albert Brun l'ont amené à

considérer comme caractéristique de l'exhalaison paroxysmale, la présence du chlore libre. Ce chlore, à lui seul, dit M. Brun, « est suffisant pour faire abandonner les anciennes idées, et en faire rechercher de nouvelles (1). »

Quant à la vapeur d'eau des fumerolles aqueuses, dont l'existence est incontestable, elle est, pour M. Brun, d'origine externe. Ce sont les eaux pluviales errantes qui la fournissent. La nature essentiellement poreuse des matériaux qui forment les cônes volcaniques permet à ceux-ci d'absorber presqu'instantanément les eaux météoriques. « Les neiges de l'Etna, du Vésuve, ne forment pas de torrents de fonte, elles s'absorbent. Le cône poreux est une éponge. » La montée des matériaux à très haute température chassera devant elle une grande quantité de ces eaux d'infiltration : un centre chaud anhydre sera entouré d'une zone froide humide.

Les fumerolles aqueuses, à température égale, dépendent de la nature du climat. Le nombre des fumerolles et la quantité d'eau évaporée dépendent, dans un groupe donné, de la forme du cône volcanique. Le maximum s'observe sur les cônes les plus réguliers. Les fumerolles sont très instables, tandis que le centre chaud garde une fixité de température remarquable. En somme, « le volcan ne fabrique pas d'eau ». Il ne fait que vaporiser l'eau dont sont imbibées les parois des conduits éruptifs.

Une série d'expériences instituées sur des roches éruptives très diverses est invoquée en faveur de cette thèse. Des laves rapportées du Vésuve, réchauffées au laboratoire jusqu'à la température moyenne des paroxysmes, (1100° d'après les recherches de M. Brun) ont émis d'abord des fumées blanches, puis des bulles gazeuses qui boursouflaient la masse et la faisaient gonfler. Le point de fusion une fois atteint, la masse subit un véritable foisonnement, amenant, dans le cas de magmas très acides, sa transformation en une ponce légère, dont le volume peut atteindre vingt fois le volume primitif. Les gaz dégagés contiennent du chlore libre et sont dépourvus d'eau.

Le phénomène peut se produire plusieurs fois avec un même échantillon de lave alternativement soumis à la fusion et au refroidissement. Les choses se passent comme si les gaz éruptifs se formaient au sein même de la lave, par une réaction lente, incapable de s'amorcer au-dessous d'une certaine température,

(1) Albert Brun, *Les recherches modernes sur le Volcanisme*, Rev. gén. des Sc. pures et appliq., 30 janvier 1910, p. 54.

notablement supérieure en général au point de fusion : en sorte qu'une coulée de lave, émise très tranquillement à la température de fusion, peut, si cette température est dépassée, se mettre à produire des phénomènes paroxysmaux.

On voit ce que les travaux de M. Brun ont de subversif vis-à-vis des idées reçues. Aussi la contradiction ne leur a pas été épargnée. MM. Armand Gautier et Alfred Lacroix se sont montrés partisans résolus de l'importance du rôle joué par l'eau dans les manifestations éruptives.

M. Albert Brun a eu le mérite de recourir, au cours de ses études, aux méthodes d'investigation les plus délicates de la chimie moderne. Ses observations sur place ont été multipliées, et ses expériences très ingénieusement combinées. Quoi que ses assertions aient de surprenant, il nous paraît difficile de se refuser à en admettre au moins une partie, sans être conduit à nier la réalité objective de certaines de ses observations. Ainsi, une obsidienne amenée à foisonner dans le vide en présence de un à deux millièmes d'eau, est, dit M. Brun, oxydée et colorée en rouge brun, au lieu du « blanc éblouissant » que présentent toutes les ponces connues rejetées par les volcans. Il est clair que si M. Brun ne s'est pas trompé, il faut bien admettre que la base même des théories reçues jusqu'ici sur les paroxysmes volcaniques, se trouve, en présence de cette seule expérience, sérieusement ébranlée.

Le Volcanisme et les fractures de l'Écorce terrestre. — M. Hans Reck a signalé récemment en Islande (1) un exemple de volcan qu'il considère comme ayant pris naissance indépendamment de toute cassure. Ce volcan ouvre son cratère au sommet d'un véritable horst, le Herdubreid, dominant de sa masse approximativement quadrangulaire, la partie orientale du champ de lave de l'Odàdahraun. Limité par quatre failles verticales, ce prisme gigantesque mesure environ 1200 mètres de hauteur et est constitué essentiellement d'une masse de tuf palagonitique cohérent, recouverte d'un ensemble de coulées de laves épais d'environ quatre cents mètres. Sa surface supérieure forme un plateau de lave, ou plutôt, un cône de très grande ouverture, au sommet duquel M. Hans Reck a découvert un profond cratère.

(1) Dr Hans Reck, *Ein Beitrag zur Spaltenfrage der Vulkane*, CENTRALBLATT FÜR MIN. GEOL. UND PAL., März 1910, n° 6.

L'ensemble des cassures à jalons volcaniques de l'Islande ayant une direction N. S., qui est celle des faces Est et Ouest du Herdubreid, c'est sur les falaises regardant le Nord et le Sud qu'il faut s'attendre à rencontrer la faille, dont l'existence expliquerait l'ouverture d'un cratère. L'observation de ces parois est facilitée par l'existence d'une couche de tuf d'un gris sombre surmontée d'une couche de teinte beaucoup plus claire. M. Hans Reck n'a pu observer sur la ligne de contact, qui est très nette, aucune trace de rejet. Les tufs palagonitiques étant visibles, sous la couverture de lave, sur une épaisseur de trois à quatre cents mètres, on serait donc en possession d'un cas où l'observation directe du substratum d'un volcan ne montrerait, sur une distance verticale considérable, mesurée à partir de la base du cône, aucune trace de cassure.

M. le professeur E. H. L. Schwartz (1) a repris plus récemment encore la question du volcan Herdubreid. Le cas, probablement unique au monde, ne lui paraît pas de nature à faire rejeter les idées reçues sur les relations entre les éruptions volcaniques et les fractures. Daubrée avait réalisé d'importantes expériences au cours desquelles une plaque d'acier, supportant un choc produit par l'explosion d'une charge de dynamite, avait déterminé la sortie des gaz provenant de la déflagration, par une série d'ouvertures cylindriques débouchant sur la surface supérieure de la plaque, le long du trajet d'une fissure n'atteignant pas cette surface. Rapprochant cette donnée expérimentale d'observations faites par lui sur un massif doléritique des environs de Cradock, dans la colonie du Cap, M. Schwartz fait observer qu'il est parfaitement admissible que l'ouverture du cratère Herdubreid ait été déterminée par l'existence d'une cassure profonde, n'intéressant pas les parois du massif palagonitique. Il serait imprudent, selon lui, de nier, en se basant sur le seul exemple du volcan islandais, la dépendance des phénomènes volcaniques vis-à-vis des fractures de l'écorce terrestre. Il faut d'ailleurs remarquer que M. Hans Reck lui même s'est abstenu de conclure sa note dans ce sens.

La tectonique des monts Péloritains et les tremblements de terre. — On sait que l'étroite fente du détroit de Messine sépare l'un de l'autre deux massifs anciens, l'Aspromonte en

(1) Professor E. H. L. Schwartz. *The Fissure Theory of Volcanoes*, Geol. Mag. Decade V, vol. VII, n° IX, september 1910.

Calabre, et les monts Péloritains en Sicile, qui d'après Ed. Suess, doivent se continuer par les chaînes cristallines du nord de l'Afrique. D'après des recherches récentes (1) les monts Péloritains seraient formés de plusieurs plis couchés, charriés vers le Sud suivant une surface plongeant vers l'Etna.

L'époque du charriage est indiquée par le fait que l'Éocène supérieur, au voisinage du cap S.-Andrea est superposé, dans le flanc retourné d'un pli couché, aux calcaires infraliasiques : ce pli a donc pris naissance après l'éocène.

L'ensemble de la nappe présente des ondulations transversales. D'après M. Limanowski, des phénomènes d'émersion et de submersion se produisent sur les points de la côte situés aux intersections de celle-ci avec les axes des plis transversaux. A Taormina, Bagnare, Aci-Reale, le rivage se relève, tandis qu'entre Riposto et Torre d'Archirafi, l'abaissement est manifeste.

Il est à remarquer qu'en décembre 1908, lors du grand tremblement de terre qui détruisit Messine, un affaissement général du sol a été constaté, même dans les parties de la ville construites sur le roc, comme par exemple, la tour San Raineri (2).

Une révision soigneuse des nivellements officiels a été faite par les soins de l'Institut géographique militaire Italien. La valeur maxima de l'affaissement a été observée sur les quais de Messine. Le niveau de ceux-ci a baissé de $0^{m}66$. A un kilomètre de là vers l'intérieur, l'affaissement n'était plus que de $0^{m}10$ (3).

Un essai de construction de courbes d'égal affaissement a montré à M. Ch. Lallemant (4) une remarquable analogie avec l'ellipse d'égale accélération sismique de deux mètres par seconde construite par M. Omòri d'après des recherches sur la grandeur et la direction des secousses dans les localités sinistrées (5). La zone d'affaissement maximum affecte la forme d'une étroite langue, entièrement sous-marine si l'on fait abstraction de sa termination nord-ouest qui intéresse les quais de Messine.

(1) M. Limanowski, *Sur la Tectonique des Monts Péloritains*, Bull. Soc. Vaudoise des Sc. Nat., vol. XLX, 1909.

(2) M. Franchi, Bollettino del R. Comit. Geol. d'Italia, 1909, fasc. 2.

(3) Lieut^t Costanzi, *I Risultati della revizione della livellazione in Calabria e in Sicilia dopo il Terremoto del 1908*, Rivista di Fisica, Matematica, e Science naturali, mai 1910.

(4) Comptes Rendus de l'Acad. des Sciences, 8 août 1910.

(5) Omòri, *Preliminary Report on the Messina Reggio Earthquake of december 1908*, Bulletin of the Imperial Earthquake Committee, t. III, n° 2, november 1909, Tokio.

Le grand axe de l'ellipse d'Omòri coïncide approximativement avec la direction générale de la rive Calabraise du détroit de Messine.

Les mouvements préhercyniens du Massif Breton. — En plusieurs endroits du Massif Breton, le Cambrien, d'après M. F. Kerforne (1), repose en discordance très nette sur l'Algonkien, dont les couches, redressées à peu près jusqu'à la verticale, supportent un ensemble de couches cambro-siluriennes presque horizontales décrivant des plissements à très grand rayon de courbure.

Après le dépôt de l'Algonkien, toute la région aujourd'hui occupée par le massif breton a subi des plissements comparables aux plissements hercyniens. Les crêtes de ces plis ont été arasées avant le dépôt du Cambrien par une mer respectant, ainsi que l'a montré M. Bigot, une île centrale destinée à être recouverte plus tard par la mer ordovicienne.

La mise au jour de roches granitiques avec leur auréole métamorphique est établie par l'existence, à la partie supérieure de l'Algonkien, de conglomérats à éléments très variés, contenant des cailloux granitiques. Cette mise au jour doit être attribuée à une érosion provoquée par des mouvements précurseurs, esquissés avant la fin de la période Algonkienne elle-même.

Entre la fin de l'Algonkien et la fin du primaire, le massif breton est resté indemne de plissements généraux. Aucune discordance ne s'observe, depuis la base du Cambrien jusqu'au sommet du dévonien supérieur.

Les progrès de la géologie expérimentale. — Principalement dans le domaine de la tectonique, les expériences réalisées dans les laboratoires ont éclairé d'une vive lumière l'étude des phénomènes géologiques. On se rappellera l'impression produite dès 1872 par l'important mémoire de Bailey Willis consacré à l'Etude du mécanisme de la formation des Appalaches (2). Plus récemment, dans notre pays, d'importants résultats ont été obtenus par M. Max Lohest, opérant sous une charge extrêmement élevée. On en trouvera un très bon exposé dans l'excellent cours de géologie, dont M. J. Cornet vient de faire paraître le second fascicule.

(1) F. Kerforne, Comptes Rendus, 21 février 1910.

(2) Bailey Willis *The Mechanics of the Appalachian Structure.* Rep. of The Un. States Geol. Survey 1892-93. part. II, Geol.

M. Bruno Sander (1), vint d'avoir l'heureuse idée d'appliquer aux expériences de tectonique, un procédé ingénieux emprunté aux méthodes développées en 1904 par M. Otto Hönigsberg (2), qui permettent l'observation directe de la distribution des tensions dans un corps soumis à une déformation.

Le procédé conseillé par M. Sander consiste à couvrir la surface du bloc à déformer d'une infinité d'empreintes circulaires, aussi serrées et aussi petites que possibles. La déformation du bloc entraîne la transformation des cercles en ellipses, dont les axes coïncident en direction avec les déplacements provoqués par les pressions développées. Un coup d'œil jeté sur la surface d'un solide déformé par la pression renseigne immédiatement sur la distribution des effets.

Une disposition idéale consisterait à employer comme matière déformable une substance plastique formée d'une infinité de sphères de petites dimensions, noyées dans une pâte de même nature et de même résistance, mais de coloration différente. La déformation de cette masse aurait généralement pour effet la transformation des éléments sphériques en ellipsoïdes à trois axes inégaux. A défaut de ce dispositif (difficile mais non impossible à réaliser) on peut se contenter d'imprimer à la surface du corps plastique en expérience, le plus grand nombre possible d'empreintes hémisphériques. Les déformations seraient alors observables dans les trois dimensions.

La pluie fossile. — On connaît, à la surface des joints de stratifications de certaines roches sédimentaires, des empreintes circulaires, de profondeur variable, se rapprochant plus ou moins de minuscules demi-sphères creuses. On s'est habitué, peut-être un peu à la légère, à les considérer comme la trace de gouttes de pluie fossile, ayant frappé avec une certaine force des sédiments encore très plastiques. Des objections considérables s'opposent à cette manière de voir : l'espacement des empreintes et leurs faibles dimensions, obligent à recourir à l'hypothèse d'une averse de quelques gouttes seulement, douées d'une force vive assez grande sous une très petite masse. J'avoue qu'il m'est fort difficile de me représenter une pluie de cette sorte.

(1) B. Sander, *Abbildung der bei geologischen Experimenten auftretenden Kräfte und Verschiebungen in material.* VERHANDL. DER K. K. GEOL. REICHSAUSTALT, n° 16, Wien 1909.

(2) O. Hönigsberg : ZEITSCHRIFT DES OSTERR. ING. UND ARCHITEKTEN VEREINES 1904, n° 11.

M. H. Hoefer vient d'émettre, devant l'Académie des Sciences de Vienne, une nouvelle explication du fait observé (1). Les cavités hémisphériques, souvent réduites à des empreintes circulaires, seraient dues à un dégagement de bulles gazeuses produit au sein d'une masse sédimentaire encore pâteuse. Il serait aisé de vérifier le bien fondé de cette hypothèse par voie expérimentale (2). Il est probable qu'on arriverait en effet à reproduire exactement les traces prétendues de gouttes de pluie. Avouons que s'il faut abandonner la croyance aux averses fossiles enregistrées, le corps de doctrines géologiques ne sera guère appauvri.

Importants gisements de minerai de fer sous le Bassin de Paris. — On sait que le Silurien de la presqu'île armoricaine comprend des intercalations calcaires et des minerais de fer oolithiques, de composition d'ailleurs très variée, considérés par M. Cayeux comme le produit de la transformation de calcaires ordoviciens oolithiques. Les minerais siluriens de l'armorique sont localisés dans la partie orientale de la presqu'île : ils cessent d'affleurer à la rencontre de la couverture secondaire du Bassin de Paris, sous laquelle ils doivent s'étendre ; un certain nombre d'entre eux ont été reconnus en profondeur.

Or, pendant la période Cambro-Silurienne, la mer qui recouvrait une grande partie du territoire européen était, du côté de l'Atlantique Nord actuel, bornée par un continent. Le caractère littoral des sédiments cambriens et ordoviciens s'accentue en effet dans une forte mesure vers l'ouest de l'Armorique, tandis que disparaissent les formations calcaires et oolithiques. Si le fond de la mer ordovicienne s'est recouvert à un moment donné de dépôts calcaires, ceux-ci ont dû s'étendre au loin vers le large, c'est-à-dire vers le Bassin de Paris. L'hypothèse de M. Cayeux sur l'origine des minerais armoricains qui auraient été originairement des calcaires oolithiques, a donc pour corollaire l'existence, sous le Bassin de Paris, d'une vaste nappe de minerai, dont les gisements connus représenteraient seulement l'extrémité occidentale (3).

(1) Séance du 6 mai 1910.

(2) Cfr. F. Kaisin, *Sur quelques caractères lithologiques du marbre noir de Dinant*, Ann. de la Soc. Scient. de Bruxelles, tome XXXIV, 1910, pp. 207-211.

(3) L. Cayeux, *Prolongement des minerais de fer oolithique siluriens de la presqu'île armoricaine sous le Bassin de Paris*. Comptes-Rendus, Tome 150, séance du 10 janvier 1910.

Un nouveau projet de Tunnel Sous-Alpin : le Petit Saint-Bernard. — Destinée à relier les ports de la côte atlantique française, ainsi que les grands centres industriels du Creusot, de Lyon, St-Etienne et Grenoble à Milan par Chambéry, Moûtiers, et Bourg St-Maurice, une ligne construite actuellement jusqu'à Moûtiers, pénétrerait à Sainte-Foy, sous le massif du Ruitor qu'elle traverserait en tunnel sur une longueur de 22 kilomètres 520.

Le massif du Ruitor appartient à la zone du Briançonnais, étudiée récemment par MM. Kilian et J. Révil (1). Sa structure est celle d'un « éventail composé asymétrique », dont la portion axiale comprend une bande houillère qui serait seule entamée par le tunnel projeté. Dans son ensemble cette zone doit être considérée comme un anticlinal compliqué de plis secondaires. Les roches qui la constituent sont : des conglomérats à ciment noirâtre, extrêmement riches en cailloux de quartz blanc ; des grés siliceux gris ou noirâtres pailletés de mica et souvent feldspathiques ; des schistes argileux noirs, plus ou moins micacés, d'aspect phylladeux, renfermant souvent des lits d'anthracite dont l'âge carbonifèrien a été établi sans conteste par la découverte de végétaux fossiles ; enfin des schistes à amphiboles, des micaschistes à grain fin, et même de véritables gneiss. Ces roches d'apparence archéenne passent graduellement par alternance à des grès micacés et à des schistes noirs. On s'accorde à y reconnaître un complexe sédimentaire d'âge carbonifère ou permocarbonifère, fortement métamorphisé.

Les roches constituant la partie du massif à percer sont donc de nature à rendre le travail relativement facile. Le tracé prévu évite les schistes lustrés avec intercalations de calcaires et de gypses de la zone Chaberton-Vanoise, ainsi que les dolomies, cargneules et gypses du Trias. Ce sont des formations calcaires ou gypseuses qui au Simplon ont fourni les fortes venues d'eau qui ont tant retardé l'avancement. D'après MM. Révil et Ch. Jacob, au Petit St-Bernard, les venues d'eau chaude seraient rares et de faible débit. Quant à la température prévue, elle serait d'environ 40° pour les tracés projetés. Un autre tracé étudié serait exposé à recouper la zone comprise entre l'isogéotherme de 50° et celle de 60°.

Les sédiments d'origine éolienne et la poussière des clochers. — Recueillie le plus loin possible du sol, transportée au laboratoire, et soumise aux délicats procédés d'analyse de la

minéralogie micrographique, la poussière des clochers a fourni des enseignements inattendus (1). Entre des échantillons recueillis respectivement dans la région cristalline d'Épinal et de Gérardmer, à Nancy, Montpellier, Cette, au-dessus de formations calcaires, ou dans l'île de Payal, appartenant aux Açores, on est étonné de rencontrer une frappante analogie de composition. Comme il faut s'y attendre, la poussière d'un clocher contient, en proportion dominante, les minéraux le plus largement représentés dans les formations régionales. Mais à côté de cette partie variable, se trouve une série d'éléments dont la présence est remarquablement constante.

De ce nombre sont les Chondres, globules noirs opaques, fortement magnétiques, ou bruns, jaunes, parfois blancs, formés de fer natif, de magnétite, ou de silicates basiques tels que le péridot, les pyroxènes, l'enstatite, etc. ; on leur attribue une origine cosmique, en faveur de laquelle plaide leur abondante présence dans des stations telles que celle de Horta aux Açores, loin de tout centre industriel.

De nombreux grains de magnétite cosmique magnétipolaires s'y rencontrent également, disposés en chapelets où ils sont accolés par leurs pôles de nom contraire. Enfin tous les échantillons renferment en abondance des particules très ténues d'argile flocomeuse, ultime résidu des altérations de roches. D'après M. Thoulet, un vent de 2 m. à 2m50 par seconde, correspondant au calme ou presque calme des météorologistes, peut transporter tous les éléments de ces poussières ; on voit que leur aire de dispersion doit embrasser la terre entière.

Aussi ne devons-nous pas nous étonner de voir les océanographes les retrouver dans tous les sédiments de mer profonde, où ils sont aisément reconnaissables, et où leur existence a été reconnue depuis fort longtemps. M. Thoulet, qui les a minutieusement étudiés, vient de lancer une idée nouvelle. D'après lui (2), la largeur de la zone couverte au voisinage des côtes par les dépôts véritablement terrigènes aurait été considérablement exagérée. Ils ne formeraient en réalité le long des rivages qu'une bande étroite aisée à délimiter grâce à la grosseur de ses éléments. L'aire occupée sur le fond des mers par les sédiments terrigènes serait très petite par rapport à l'aire couverte par les dépôts pélagiens.

(1) J. Thoulet. Comptes Rendus, 11 avril 1910.
(2) J. Thoulet. Comptes Rendus, séances du 7 mars et du 11 avril 1910.

Faut-il croire à l'Atlantide ? — Telle est la question que se pose, en terminant l'exposé des résultats de ses recherches sur le Haut Atlas Marocain, M. L. Gentil, qui a longuement étudié la genèse de cet important massif (1).

Ébauchée dès l'époque Calédonienne, ainsi que le prouve la présence d'un conglomérat à la base du Dévonien, relevée à nouveau lors de la poussée hercynienne, comme le montre l'existence d'une discordance du Permien sur le Dinantien, la chaîne marocaine a subi, probablement avant le début du secondaire, un arasement qui l'a transformée en une vaste pénéplaine comprenant le Haut Atlas actuel et la Meseta Marocaine. Des éruptions permo-triasiques de trachytes, d'andésites et basaltes, se sont fait jour ensuite, avec un maximum d'intensité dans la région de convergence des plis carbonifères.

Les dépôts secondaires sont venus recouvrir la région, puis des plis tertiaires, probablement néogènes, sont venus former une nouvelle chaîne, de direction analogue, mais à plis déversés en sens inverse, c'est-à-dire vers le nord. — Ces plis, qui ont dû passer par-dessus le massif central aujourd'hui mis à nu par l'érosion, s'ennoient sous l'Océan, dans la direction de l'archipel Canariote, dont l'existence serait due à un relèvement d'axes anticlinaux.

Les Iles Canaries auraient fait partie du Continent Africain jusqu'à une époque relativement récente. Leur séparation daterait de la fin du pliocène ou même du quaternaire. Une étude géologique attentive et minutieuse d'anciennes plages soulevées reconnues par M. Gentil sur les côtes marocaines, jointe à l'étude des côtes Canariotes établiront peut-être ce qu'il peut y avoir de fondé dans la croyance à l'existence d'une terre effondrée sous les eaux de l'Océan postérieurement à l'apparition de l'homme ; à défaut d'une solution définitive, cette étude pourrait, dit M. Gentil, « apporter quelqu'éclaircissement sur cette question, si, contrairement à l'opinion de certains philosophes qui ont commenté l'œuvre de Platon... l'histoire de l'Atlantis et des Atlantes n'est pas un mythe (2). »

FÉLIX KAISIN.

(1) L. Gentil. *Les mouvements orogéniques anciens dans le Haut Atlas Marocain*, COMPTES RENDUS, 17 mai 1910.

(2) L. Gentil. *Les mouvements tertiaires dans le Haut Atlas Marocain*, COMPTES RENDUS, 30 mai 1910.

ENTOMOLOGIE

—

Instructions pour récolter et préserver les insectes. — On a donné d'innombrables instructions pour récolter et conserver les insectes : presque tous les ouvrages d'entomologie générale en fournissent de plus ou moins opportunes. Mais on n'avait pas composé jusqu'ici, croyons-nous, un traité aussi complet que celui que vient d'écrire M. Banks, aux États-Unis, et que publie la Smithsonian Institution. Il est vrai que, il y a plus de 15 ans, M. Riley avait tenté de réaliser pareil ouvrage d'ensemble, et y avait réussi. Mais, depuis lors, de nouvelles méthodes ont été imaginées, de nouvelles divisions ont été signalées, qui réclamaient un remaniement et une mise à jour : c'est ce qu'a fait M. Banks dans son excellent exposé des notions connues, enrichies de ses propres observations, fruit d'une longue expérience.

Pour récolter les insectes, il faut d'abord savoir les distinguer les uns des autres, connaître leur habitat, les endroits où on pourra les trouver et les capturer. Une idée générale est donnée des différents ordres et des différentes sections, des larves, des nymphes, des imagos, avec de nombreuses figures typiques qui permettent de les distinguer facilement.

Les différents pièges les mieux appropriés aux divers ordres, les instruments de chasse, filet, lanterne, pinces, tubes, parapluie, etc., sont décrits et dessinés.

La préparation, la mise en boîtes, les moyens les plus variés de préserver les collections, soit à sec soit dans les liquides, y sont soigneusement traités.

Enfin, un abrégé de la littérature de chaque ordre complète ces renseignements. Bien que dressée principalement pour les entomologistes des États-Unis, cette liste sera utile aussi à ceux du dehors.

Les moyens proposés sont à la fois décrits et appréciés ; l'auteur en signale les inconvénients et les avantages ; c'est bien l'œuvre d'un travailleur assidu et expérimenté. Souvent il expose plusieurs méthodes non pour les conseiller toutes, mais pour laisser à chacun le choix de celles qui lui seront plus utiles ou mieux adaptées à ses moyens.

Les segments thoraciques des insectes. — C'est chose

banale et devenue classique que la division du thorax des insectes en trois anneaux : le prothorax, le mésothorax et le métathorax, portant chacun une paire de pattes aux côtés et, en outre, pour le mésothorax et le métathorax une paire d'ailes.

Or, M. Verhoeff, de Berlin, a cru pouvoir ajouter un autre article en avant du prothorax ; il l'a appelé microthorax, et quoique l'existence d'un tel article ait été fortement mise en question, M. Verhoeff est parvenu de fait à démembrer les trois anneaux du thorax des insectes en les comparant à ceux des Diplopodes, dans lesquels on voit chaque segment pourvu de deux paires de pattes. Chez les Chilopodes chaque segment n'en porte qu'une seule paire, mais on reconnait aisément un segment intercalaire apode entre l'un et l'autre segment. En considérant les trois segments du thorax dédoublés, la partie antérieure de chacun d'eux correspondrait aux segments intercalaires des Chilopodes. Voici donc le nombre définitif des segments thoraciques qu'on obtiendrait chez les insectes :

I. { 1. Microthorax (apode).
2. Prothorax (avec 2 pattes).

II. { 3. Sténothorax (apode).
4. Mésothorax (ailes, élytres, pattes).

III. { 5. Cryptothorax (apode).
6. Métathorax (ailes, pattes).

Les professeurs allemands Kolbe et Heymons, et l'américain Banks se sont ralliés, en partie, à cette manière de voir ; mais elle a rencontré aussi d'ardents contradicteurs : ils ont cherché soigneusement chez divers insectes la division visée par Verhoeff et l'ont expliquée d'une autre façon, en attribuant le microthorax, le sténothorax, etc., à un simple pli. « On ne peut s'empêcher, dit M. Desguin, de Bruxelles (Soc. Ent. de Belgique, 1909, p. 113), de faire la comparaison avec les plis qui chez les personnes obèses forment le « double menton ».

Les preuves tirées de l'embryologie, de l'anatomie du système nerveux et d'autres considérations n'appuyent d'une manière concluante ni la division du thorax en six segments, ni la correspondance à six anneaux primordiaux. En attendant de nouvelles découvertes il nous paraît plus sage de s'en tenir aux trois segments thoraciques admis universellement.

Le Catalogue des Coléoptères. — Ce n'est pas une entreprise

banale que l'énumération de tous les Coléoptères connus jusqu'à ce jour : elle exige la collaboration d'une légion, peut-on dire, d'entomologistes, pour débrouiller et mettre en ordre des milliers de noms épars dans les diverses revues du monde scientifique. C'est cependant le travail qu'a inauguré un éditeur de Berlin, M. W. Junk. Il s'est formé une sorte de société de coléoptéristes, qui collaboreront à cette œuvre sous la direction de M. S. Schenkling. Chacun d'eux s'est chargé de l'étude d'une ou de plusieurs familles et d'en rédiger le Catalogue sur un plan général et uniforme. L'ouvrage se publiera par fascicules consacrés aux familles ou aux groupes, et comprendra les noms des genres, sous-genres, espèces et variétés, les synonymes, la littérature et la distribution géographique des espèces des Coléoptères du monde connues jusqu'à ce jour. Ces fascicules seront vendus séparément, mais on peut souscrire à l'ouvrage complet pour le prix de 1.25 Mark la feuille de 16 pages.

On souhaitait depuis longtemps un pareil ouvrage ; on le jugeait même nécessaire. Plus de 30 ans se sont écoulés depuis que le Catalogue de Gemminger-Harold a été publié, et il est épuisé depuis longtemps. Or la littérature du sujet et le nombre d'espèces publiées ont augmenté depuis lors dans de telles proportions, qu'il est permis de penser que plus des deux tiers des Coléoptères connus ne se trouvent pas dans le catalogue de Gemminger.

Parmi les spécialistes qui contribueront à la rédaction du nouveau Catalogue, nous trouvons les noms bien connus de MM. Bedel (Cebrionidæ), Gestro (Rhysodidæ, Cupedidæ et Paussidæ), Horn (Cicindelidæ), Kerremans (Buprestidæ), Kolbe (Cetoniinæ), Lameere (Cerambycidæ), Lesne (Bostrichidæ et Lyctidæ), E. Olivier (Drilidæ et Lampyridæ), Pic (Anthicidæ, Melyridæ, Bruchidæ, etc.), Reitter (Scydmaenidæ et Cioidæ), Schenkling (Cleridæ, etc.), Weise (Hispinæ).

Le catalogue de plusieurs familles est déjà publié ou sur le point de paraître (Cleridæ, Drilidæ, Paussidæ, etc.) ; les autres fascicules sont en préparation. L'éditeur compte achever le travail en cinq ans environ. Il est à souhaiter que cet espoir se réalise.

Les Eleodiini (Ins. Col.) de l'Amérique du Nord. — Les Eleodiini ne sont qu'une tribu, très négligée, de la famille des Ténébrionides, qui se rangent près des *Blaps* d'Europe, petites bêtes antipathiques de nos caves. Ils sont pourtant bien intéres-

sants. M. Frank E. Blaisdell, de San Francisco de Californie, leur a consacré tous ses soins, et pendant huit années d'étude patiente et continue, a pu écrire une volumineuse monographie de cette tribu, comprenant non seulement les Eleodiini des États-Unis, mais aussi ceux de Californie et des îles voisines. Cette monographie forme le n° 63 du BULLETIN du Musée National des États-Unis : c'est un fort volume de 524 pages in-8° avec 13 planches. Rien de semblable n'avait été essayé jusqu'ici par les Coléoptéristes américains, dit M. Wickham.

Après avoir donné des notions très détaillées sur la structure du corps, et surtout du squelette, l'auteur décrit largement chaque espèce. Pour la distinction spécifique il tient compte de la structure des appendices génitaux et, non sans raison, de la grandeur, de la forme de quelques organes, de la couleur, etc., qui varient beaucoup avec les conditions extérieures. Le critérium de l'auteur pour l'admission des vraies espèces est sage et prudent : il n'en admet que 73 pour le genre *Eleodes*, type de la famille, et 31 variétés, que plusieurs nommeraient sous-espèces, voire même espèces. Il admet en outre des formes auxquelles il donne aussi des noms latins, et qu'il décrit exactement.

L'auteur admet les genres suivants : *Trogloderus, Eurbaphion, Eleodes* et *Eleodimorpha*. Ce dernier est nouveau, ainsi que l'espèce typique *E. boleau* ; il en est de même de plusieurs autres formes, espèces et variétés. On parvient facilement aux genres et aux espèces à l'aide de clefs méthodiquement construites.

Sur les Gryllacris (Ort.) **du monde**. — M. Achille Griffini, professeur au Lycée de Bologna, s'est spécialisé dans l'étude de ce groupe restreint de sauterelles. Plusieurs espèces avaient été décrites çà et là par les auteurs antérieurs, en particulier par Stal et Brunner von Wattenwyl. D'autres se trouvaient encore sans nom depuis plusieurs années d'existence dans quelques musées d'Europe. M. Griffini a entrepris la tâche de les revoir toutes, si possible, et d'en compléter les descriptions parfois insuffisantes. Le musée d'Oxford lui a confié la révision des siennes, le musée royal d'Histoire Naturelle de Bruxelles et celui du Congo en ont fait autant.

M. Griffini a publié déjà les espèces éthiopiennes, indo-malaises et australiennes. Ces descriptions très détaillées, et bien propres à faire distinguer les espèces les plus voisines et les plus semblables, sont écrites en latin.

Grâce aux efforts constants de M. Griffini, et malgré de nombreux obstacles, nous pouvons nous attendre à posséder bientôt la monographie la plus complète possible des *Gryllacris*.

Les Névroptères d'eau douce d'Allemagne. — Sous la direction du Dr Brauer, de Berlin, on a entrepris l'étude descriptive des animaux d'eau douce de la faune d'Allemagne. Cette tâche très lourde a été confiée à plusieurs naturalistes. Pour les insectes nous avons vu la partie des *Éphémérides* et des *Plécoptères* élaborée par le professeur M. Klapálek, de Prague. L'ouvrage de Rostock, *Neuroptera germanica*, était devenu insuffisant ; de plus la monographie du professeur Klapálek a l'avantage immense du nombre très considérable des figures — 53 pour les Éphémérides, 124 pour les Perlides — très bien choisies et très instructives ; on y a dessiné seulement les organes qui pouvaient le mieux aider à la connaissance des espèces : la nomenclature des veines des ailes, celle des différents organes y est donnée, et un aperçu organographique précède la description.

Une autre amélioration doit être signalée : c'est l'introduction, dans le nouveau catalogue, de ce qui a rapport aux nymphes et à leur classification. Certes, les premiers états de toutes les espèces ne nous sont pas connus ; mais ce que nous en savons déjà est suffisant pour donner du moins la caractéristique des genres ; c'est ce que fait le professeur Klapálek.

La classification des Plécoptères. — Les Perlides sont souvent considérés comme un ordre autonome, sous le nom de Plécoptères. Leur étude s'est beaucoup développée au cours de ces dernières années, à la suite des travaux de M. Morton d'Édimbourg, de feu Kempny de Gutenstein (Autriche), du Dr Ris de Rheinau (Suisse), du Prof. Klapálek de Prague, et de M. Banks des États-Unis, entre autres.

Pour les diviser et subdiviser, on avait fait attention de préférence à la longueur des cerci, des palpes et des articles des tarses, et à la réticulation des ailes. Voici que M. le Dr Günther Enderlein, directeur du Musée de Stettin, introduit un autre caractère qui partage plus nettement les deux groupes principaux des Plécoptères. Il fait remarquer que chez les uns les mandibules et les autres organes buccaux sont normalement développés, tandis que chez les autres les mandibules sont extrêmement réduites, ce qui donne à la partie antérieure de la tête une forme très aplatie et presque l'aspect d'une lame. De

là la division en deux sous-ordres, HOLOGNATHA, à mandibules normales, avec les familles *Gripopterygidæ, Capniidæ, Nemuridæ*, et SYSTELLOGNATHA, à mandibules rudimentaires, avec les familles *Pteronarcidæ* et *Perlidæ*.

Nous trouvons cette division très juste ; et tout en conservant le rang de famille aux Plécoptères ou *Perlides*, on peut aisément les diviser en ces deux sections.

Les Odonates néotropiques. — Ce n'est pas un catalogue complet des Odonates néotropiques qu'a écrit l'éminent odonatologiste de Philadelphie (États-Unis) M. Philip S. Calvert, mais seulement le dénombrement de ceux qui se trouvent dans les riches collections qu'il a étudiées, appartenant aux régions de l'Amérique tropicale, moins le Mexique et l'Amérique centrale.

C'est ainsi qu'il a pu énumérer 231 espèces, parmi lesquelles plusieurs nouvelles, soigneusement et largement décrites, en anglais, et figurées du moins pour l'appareil génital. Parfois l'auteur donne la clef dichotomique de toutes les espèces sud-américaines d'un genre, par exemple du genre *Argia*.

Ce mémoire de près de 200 pages, avec 9 planches, a été édité par les soins du Musée Carnegie, de Pittsburg, qui a fourni la plus grande partie du matériel d'étude.

Le Catalogue des Hémiptères Hétéroptères. — Il y a près d'un siècle, l'entomologiste Dufour écrivait : « Cet ordre d'insectes se trouve un des plus négligés, des plus arriérés, soit pour la connaissances des espèces, soit surtout sous le rapport de leurs mœurs, de leurs habitudes et de leur genre de vie » (MÉM. SAV. ÉTRANG. Acad. Franc., 1833, IV, 437). Et cependant il n'y a probablement pas un ordre d'insectes qui nous touche de plus près : il suffit de rappeler que les punaises *(Clinocoris lectularius)*, les pucerons *(Aphidae)*, la cochenille *(Coccidæ)* en font partie. On s'en est occupé, surtout dans ces dernières années. Un catalogue incomplet existait déjà, celui de Lethierry et Severin (1893-1896), mais, depuis sa publication, on a décrit un si grand nombre de formes, on a remanié l'étude de tant de groupes, qu'une mise au point était nécessaire. L'ouvrage de M. Kirkaldy la réalise de très large façon. Son catalogue ne comprendra pas moins de six ou sept forts volumes. Le premier est consacrée à la seule famille des Cimicidæ. Malgré son nom, dérivé de *Cimex*, elle ne contient pas les punaises des lits, comme on pourrait s'y attendre. La cause en est la loi dite de

priorité, que l'auteur considère comme inviolable, sans aucune exception, et avec raison, à notre avis. Or cette loi de priorité veut que le nom imposé une fois soit respecté ; ce qui fait que le nom générique *Cimex*, imposé primitivement à une punaise des champs, ne peut s'appliquer à la punaise des lits, très différente de la première et appartenant à une autre famille, celle des *Clinocoridæ*.

Outre les noms des sous-familles, tribus, genres, espèces, etc., ce Catalogue donne aussi la synonymie la plus complète, la distribution géographique, et çà et là quelques notions sur la biologie de ces insectes, et les noms des plantes dont se nourrissent plusieurs espèces ou sur lesquelles on les rencontre.

Les règles de nomenclature suivies sont en général simples et admissibles.

La mort inopinée de l'auteur n'empêchera pas, croyons-nous, l'achèvement de cet ouvrage d'une utilité incontestable.

Les Hémiptères aquatiques et mi-aquatiques de l'Amérique. — Le catalogue de ces insectes est dû aux entomologistes Kirkaldy et de la Torre Bueno : ils y ont compris tout ce qui a été publié jusqu'au 1 juin 1908. Ils donnent les noms, la synonymie, la bibliographie, la distribution géographique, en somme ce qu'on peut désirer dans un Catalogue bien fait, nous mettant sous les yeux l'état actuel de nos connaissances sur ces insectes. Après l'étude du matériel qu'ils ont entre les mains, les auteurs se proposent d'aborder la composition d'un tableau synoptique critique de tous les Hémiptères aquatiques de l'Amérique. Il est à souhaiter qu'ils puissent mener à bien ce projet.

Hétérocères de l'Amérique du Sud. — L'Amérique méridionale est une source inépuisable pour les entomologistes, notamment pour les lépidoptéristes. Outre ces beaux papillons, les joyaux des collections, recherchés à des prix invraisemblables, M. Paul Dognin s'est occupé des papillons à couleurs moins éclatantes et à formes plus modestes, les hétérocères, dont il a décrit plusieurs nouveautés, genres, espèces, variétés et aberrations dans les Annales de la Société Entomologique de Belgique : 20 Géométrides, 14 Pyralides, 1 Tortricide, 2 Tinéines.

Les Diptères d'Espagne. — La faune diptérologique d'Espagne n'est pas moins riche que celle des autres ordres ; mais elle a à peine attiré l'attention des entomologistes

espagnols. Presque tout ce que nous savons des Diptères d'Espagne nous vient des diptéristes d'autres nations.

Le R. P. Gabriel Strobl, bénédictin en Admont de Styrie (Autriche), est peut-être celui qui a contribué le plus à la connaissance de la faune diptérologique d'Espagne. Il a visité personnellement plusieurs fois ce pays et a publié, à diverses reprises, le résultat de ses chasses. Dernièrement il a été aidé dans son œuvre par plusieurs entomologistes d'Espagne, notamment par MM. Lauffer, Dusmet et Arias de Madrid.

Grâce à cette collaboration, il a pu énumérer 1804 formes diverses diptérologiques d'Espagne, savoir : 1606 espèces et 198 variétés. Comme nouveautés nous y trouvons 3 genres, 1 sous-genre, 82 espèces et 32 variétés.

Le nombre des Diptères vivant en Espagne est évidemment de beaucoup supérieur à ces chiffres ; il faudrait y ajouter ce que d'autres auteurs ont signalé, sans compter que ce qu'il reste encore à trouver équivaut peut-être à l'ensemble de nos connaissances déjà acquises.

Nouvelles espèces de moustiques. — Depuis qu'on a constaté l'influence des moustiques dans la propagation de certaines maladies infectieuses, l'étude de ces bestioles n'a cessé de retenir l'attention d'un nombre croissant de savants. Ils se sont attachés à étudier leurs mœurs, leurs parasites, les différentes espèces ; aussi la systématique a-t-elle fait en peu de temps d'énormes progrès. Parmi les plus vaillants travailleurs dans ce genre d'études, il faut signaler MM. Harrison, G. Dyar et Frédérick Knab. Il serait fastidieux de présenter ici la liste de leurs travaux concernant les moustiques. Disons seulement qu'on y trouve décrites un bon nombre d'espèces provenant surtout de l'Amérique centrale, de Cuba, de Panama, etc. Dans un récent écrit nous trouvons 28 espèces.

Les Strepsiptères. — Voilà un ordre d'insectes qui sera peut-être presque inconnu de la plupart de nos lecteurs. De fait, il a été peu étudié ; on en a décrit plusieurs espèces, mais on connait peu de choses de sa biologie. Dernièrement, dans un travail d'ensemble, M. W. Dwight Pierce a réuni tout ce qu'on sait de ces insectes étranges, qui ont fait leur apparition à l'âge tertiaire par des formes très parfaites et sont arrivés jusqu'à nous, représentés par d'autres formes très dégradées.

L'ordre lui-même, créé par Kirby au commencement du

XIXe siècle a été promené par toute l'entomologie. Ils ont été placés parmi les Diptères, comme Rhipidoptera ou Phthiriomyiæ, parmi les Neuroptera, comme Stylopidæ, près des Phryganes, parmi les Hyménoptères près des Ichneumon, mais plus généralement parmi les Coléoptères, à la fin des Hétéromères. Actuellement des doutes subsistent encore sur l'autonomie de ces insectes, considérés comme ordre ou comme famille.

La vie parasitaire des femelles déguise leurs mœurs et leur nature. Agiles pendant le premier âge, elles sont contraintes de séjourner pendant le reste de leur vie implantées par la partie postérieure du corps entre les plis des segments abdominaux de quelque hôte hexapode, laissant voir à l'extérieur un céphalothorax bizarre. Leur nourriture leur arrive, semble-t-il, par osmose, qui est bien le mode le plus rudimentaire d'alimentation. La fécondation se fait sur place par le canal œsophagien, laissé découvert. Le corps n'est qu'un sac d'œufs ; M. Pierce en a compté 2100 ; elles sont puppipares. Les mâles sont ailés, avec des élytres rudimentaires ; la durée de leur existence ne dépasse guère quelques heures.

Il est facile de trouver ces curieux parasites entre les segments abdominaux de plusieurs espèces d'Insectes, surtout des Hyménoptères, et plus particulièrement de ceux qui construisent un nid ou une cité, tels que *Polistes, Andrena,* etc.

Ils sont cosmopolites, grâce à leur vie parasitaire.

On connaît à présent 238 espèces de Strepsiptères, 90 de la faune néartique, 91 de la paléartique, 19 de la néotropique, 3 de l'étiopique, 14 de l'orientale et 23 de l'australienne.

M. Pierce les distribue en huit familles, en tenant compte de la forme des antennes, à plusieurs branches, et du nombre des articles des tarses ; nous sommes d'accord avec lui pour considérer l'importance de ces caractères pour constituer la catégorie de famille.

Le premier Congrès d'Entomologie de Bruxelles (3-6 août 1910). On avait reconnu depuis plusieurs années la nécessité d'assembler périodiquement les entomologistes en Congrès internationaux. On réunissait, tous les trois ans, des Congrès de Zoologie, où les entomologistes concouraient avec les autres zoologistes : mais ils étaient à eux seuls très nombreux et le temps qu'on pouvait leur accorder était très restreint, dépendant naturellement de celui qu'il fallait consacrer aux communications et aux conférences concernant les autres branches de la zoologie.

D'ailleurs les travaux des entomologistes diffèrent beaucoup de ceux des autres zoologistes et leurs recherches, leurs études embrassent un domaine spécial, en sorte que les découvertes de la malacologie, par exemple, de la mammalogie, de l'ichthyologie, etc., présentent pour eux peu d'intérêt. Dès lors les Congrès généraux de zoologie ne les attiraient guère et leur procuraient peu de profit. De là l'idée de Congrès spéciaux où les entomologistes seuls se rencontreraient.

Un essai avait été fait il y a peu d'années. Les revues scientifiques avaient annoncé qu'on allait convoquer un Congrès d'Entomologie, et avaient même donné les noms de ceux qui devaient se charger de l'organiser : ce projet n'eut pas de suite.

L'Exposition universelle de Bruxelles a fourni l'occasion de le reprendre, et, cette fois, deux circulaires ont suffi pour préparer ce premier Congrès d'Entomologie.

Le monde entier a envoyé ses délégués à ce Congrès qui fut vraiment international. On y voyait des congressistes de Belgique, de Hollande, de France, de Luxembourg, d'Allemagne, d'Autriche-Hongrie, de Suisse, d'Italie, de Bulgarie, d'Espagne, de Russie, d'Angleterre et d'Irlande, de Suède, du Canada, des États-Unis, de la République Argentine, du Nord et du Sud de l'Afrique et du Japon. Les Gouvernements de plusieurs nations avaient envoyé des délégués officiels.

Les séances se tenaient dans le palais des fêtes de l'Exposition. Elles étaient de deux sortes, comme cela arrive d'ordinaire dans les Congrès scientifiques : générales et particulières ou par sections.

Les séances générales se tenaient le matin et tous les congressistes pouvaient y assister : les réunions des sections avaient lieu le soir dans des salles séparées, et chaque congressiste assistait à celles qui l'intéressaient davantage.

Voici les titres des diverses sections : Systématique — Nomenclature et Bibliographie — évolution — Bionomie, Physiologie et Psychologie — Zoogéographie — Muséologie et histoire de l'Entomologie — Entomologie économique et médicale.

Il nous est impossible de relater ici tous les actes du Congrès, il nous suffira à notre but de faire mention de ceux qui intéressent particulièrement nos lecteurs.

Le Président du Congrès était M. Lameere, Recteur de l'Université de Bruxelles, et le secrétaire général. M. Severin, professeur à la même Université. La présidence effective des sections a été cédée au cours du Congrès à d'autres entomologistes

distingués de diverses nations. Celle de la section de Biologie a été donnée au R. P. Wasmann, S. J.

Dans les séances générales, la première conférence a été donnée par M. Sjöstedt, de Stockholm, sur le Kilimandjaro, et illustrée de projections intéressantes.

Plus longue et non moins éloquente a été la conférence de M. Blanchard, de Paris, sur l'influence des Insectes sur les maladies. Il a fait l'histoire des principales maladies dues aux *Anopheles*, aux *Glossina*, etc., et a esquissé l'état actuel de la science en ces matières, et indiqué les ombres qui restait encore à dissiper.

Le R. P. Wasmann, si familiarisé avec la vie intime des fourmis, a donné une conférence sur les fourmis et leurs hôtes, illustrée de nombreuses et précieuses projections.

M. Handlirsch, de Vienne (Autriche), en a donné une autre, aussi avec projections, sur les insectes fossiles, qu'il a merveilleusement restaurés en se servant d'empreintes souvent fragmentaires, très embrouillées, et dès lors difficiles à interpréter.

D'autres conférences, par exemple celle de M. Künkel d'Herculais, de Paris, sur les sauterelles et leurs ravages, ont été applaudies.

Les excursions, qui généralement accompagnent ces sortes de Congrès, n'ont pas manqué à celui-ci. On les a organisées aux environs de Bruxelles et, plus loin, jusqu'à Anvers et Bruges et jusqu'en Ardenne, sous la conduite d'entomologistes experts de la Belgique.

Avant la dissolution du Congrès, on a choisi Oxford comme lieu de réunion du prochain Congrès et M. Poulton pour son Président ; on en a fixé l'époque à 1912, mais en admettant que, désormais, les Congrès d'Entomologie auront lieu tous les trois ans.

Un Comité permanent, composé d'un grand nombre de membres de différentes nations, a été élu, en même temps qu'un Comité exécutif, composé d'un nombre très restreint de membres, et qui doit se réunir chaque année.

LONGIN NAVAS, S. J.

BOTANIQUE ÉCONOMIQUE

—

Le palmier à huile. — Cette essence si utile et si abondante dans la plupart des colonies de l'Afrique occidentale et centrale, a fait le sujet, dans ces derniers temps, de beaucoup d'études. Mais malgré ces travaux, il reste encore bien des points douteux à éclaircir dans l'histoire de ce palmier qui se présente sous de très nombreuses formes.

Les premières recherches faites en Afrique occidentale par le botaniste Welwitsch amenèrent comme conclusion que dans la région de l'Angola, il y avait au moins trois variétés différentes de palmier à huile, reconnues par l'indigène et de valeur différente au point de vue économique.

Pendant bien des années l'étude du palmier à huile resta au second plan, jusqu'au moment où, en 1906, M. d'Almeida, professeur au cours colonial de l'Institut agronomique à Lisbonne rappela l'attention sur les variétés de l'*Elaeis*, sur leur valeur différente et sur les caractères qui pouvaient permettre de distinguer les formes indigènes ou à moitié cultivées par les Angolais.

En 1908 nous-même insistions sur la grande nécessité, au point de vue de la mise en valeur de notre colonie, de l'installation d'une sorte d'enquête scientifico-agronomique sur les palmiers à huile.

Notre appel a été entendu, sinon en Belgique, du moins chez nos voisins ; Allemands, Anglais, Français se sont mis à l'étude de la question de l'Elaeis, et les Français surtout ont publié depuis peu des études nombreuses ; rien qu'en 1910 nous avons vu paraître successivement : J. Adam, *Le palmier à huile* (1) ; Aug. Chevalier, *Documents sur le palmier à huile* (2) ; P. Hubert, *Le palmier à huile* (3).

Ces trois travaux, écrits par trois coloniaux de valeur, se com-

(1) J. Adam, *Le palmier à huile.* Habitat, Variétés, Conditions de végétation, Culture, Produits, Commerce, Conservation des palmeraies, Amélioration de la production, Considérations économiques. 1 vol. in-8° avec figures et cartes. Paris, Aug. Challamel, 1910.

(2) Aug. Chevalier, *Documents sur le palmier à huile,* vol. VII des : *Végétaux de l'Afrique tropicale française.* Paris, Aug. Challamel, 1910.

(3) P. Hubert, *Le palmier à huite.* Paris, H. Dunod et E. Pinat, 47-49, Quai des Grands-Augustins, Paris, 1910.

plètent mutuellement et leur ensemble constitue une histoire très fouillée, et à jour, du palmier *Elaeis*.

M. J. Adam a, comme M. d'Almeida, démontré la présence de nombreuses variétés, que M. Aug. Chevalier est parvenu à définir plus nettement. Il en arrive à considérer toutes les formes qu'il a observées dans l'Afrique occidentale française comme devant se ranger dans une des variétés du tableau ci-dessous, variétés dont nous ne pouvons donner ici les caractères :

Elaeis guineensis,	sous espèce	*nigrescens* A. Chev.
—	—	var. *communis* A. Chev.
—	—	var. *sempernigra* A. Chev.
—	—	var. *macrocarpa* A. Chev.
—	—	var. *pisifera* A. Chev.
—	—	var. *ceredia* A. Chev.
—	—	var. *idolatrica* A. Chev.
—	—	var. *macrophylla* A. Chev.
—	sous espèce	*virescens* A. Chev.
—	—	var. *repanda* A. Chev.
—	—	var. *intermedia* A. Chev.
—	—	var. *gracilinux* A. Chev.
—	—	var. *spectabilis*. A. Chev.

Cette liste peut-elle être considérée comme définitive, comme représentant toutes les variations fixes pouvant exister chez l'*Elaeis* ? Nous ne pourrions l'affirmer, non plus que nous ne pourrions certifier que ces variétés, au nombre de onze, se rencontreront toutes dans les autres régions de l'Afrique à l'*Elaeis* et indigène ou cultivé.

Un résultat des études de ces agronomes, commun aux trois, est la valeur de cette essence pour les colonies où elle peut être exploitée.

Tous ces auteurs sont d'accord sur la nécessité de créer des jardins d'essais pour cette plante, que notre confrère le Dr Aug. Chevalier n'hésite pas à déclarer « la plante oléagineuse la plus précieuse du monde entier ». « Peu importe, dit M. Aug. Chevalier, l'emplacement (de cette station), pourvu que les recherches embrassent tous les problèmes relatifs à la culture du palmier, et soient entreprises avec des méthodes *rigoureusement scientifiques*, de telle manière que ces recherches ne puissent être interrompues ou déviées avant d'avoir atteint leur but. »

Nous nous permettons d'insister sur les mots « rigoureuse-

ment scientifiques », car c'est par la science, et non par la pratique seule, que nous pouvons rationnellement mettre en valeur des territoires coloniaux.

M. Aug. Chevalier a nettement exposé dans le travail auquel nous faisons allusion, le programme d'un tel institut de recherches ; nous n'allons pas essayer de le résumer ici, mais nous tenons à souligner l'importance de la sélection, qui doit être à la base de toute culture entreprise sous la direction du blanc.

Aussi répéterons-nous avec Aug. Chevalier : « Nous avons la conviction que l'exploitation du palmier à huile, sélectionné et bien cultivé, deviendrait, par rapport à l'exploitation des palmiers à huile sauvages ou entretenus par les indigènes, l'analogue de l'exploitation du caoutchouc de l'*Hevea* cultivé par rapport à la cueillette des caoutchoucs de plantes sauvages. »

Nous ajouterions même que nous avons plus de confiance dans la valeur des plantations d'*Elaeis*, dans les stations naturelles en Afrique, que dans les cultures d'*Hevea* sur ce même continent, car il n'est pas impossible que des considérations de divers ordres amènent à la conclusion que la culture de l'*Hevea* n'est pas aussi rentable qu'on l'avait cru.

Les divers arguments présentés par MM. Adam et Aug. Chevalier sont également employés par M. P. Hubert sous une forme souvent différente car tous trois, préoccupés de la même idée, nécessité de pousser la culture de cette essence, ne se sont pas concertés pour écrire leur ouvrage.

C'est ainsi que M. Hubert dégage de l'exposé qu'il a fait des caractères des *Elaeis*, de la culture, de l'exploitation et du commerce la conclusion suivante : « notre conviction sincère est que des entreprises du genre de celle qui fait l'objet de la présente étude doivent être encouragées par tous les moyens possibles. Les formidables ressources qui attendent l'Européen, en bien des pays, et desquelles on pourra toujours tirer de gros bénéfices, récompenseront grandement les concours financiers ; mais il est indispensable que les actionnaires exigent des dirigeants métropolitains et coloniaux de réelles connaissances spéciales et un dévouement à toute épreuve. »

Nous avons tenu à rappeler cette dernière phrase car elle résume très bien, à notre avis, la situation de bien des entreprises coloniales qui vivotent, périclitent ou sont tombées tout à fait à rien.

Plus que jamais donc il devient nécessaire de faire des enquêtes

sur l'*Elaeis*, les documents rapportés par Adam, Aug. Chevalier, P. Hubert, par les coloniaux anglais et allemands montrent les lacunes. A tous ceux qui vont aux colonies d'essayer d'en combler une partie !

A propos de cafés. — L'exposition de cafés organisée par les divers États producteurs du Brésil a attiré de nouveau en Belgique l'attention sur ce produit ; attention qui avait été mise en éveil, il y a déjà quelques années, par la « valorisation du café » et par la constitution en Belgique d'un comité de propagande pour la consommation du café brésilien.

Le caféier n'est pas, on le sait, originaire du Brésil, il y a été introduit, et l'on peut dire que c'est là un cas presque unique de succès dans la culture. Rien, en effet, ne pouvait faire prévoir que des caféiers, originaires de régions tropicales, auraient pu se développer et donner de forts rendements dans un pays dont les conditions climatériques sont si différentes de celles de leur pays d'origine. La différence des conditions de croissance a permis de faire la culture d'après des méthodes différentes de celles que l'on doit employer dans les régions tropicales, au Congo et à Java par exemple, et c'est là un point qu'il ne faut pas oublier quand on veut mettre en valeur un terrain en région tropicale par une caféière.

Le Brésil est actuellement le plus grand producteur de café et nous consommons en Belgique presque uniquement du café brésilien.

Ce dernier figure dans le commerce mondial pour plus de 16 000 000 de balles de 60 kilos ; et, en 1909-1910, on peut admettre pour les différents pays producteurs les chiffres d'exportation ci-dessous :

Sao Paulo Santos . . .	11 495 000 balles	15 324 000 balles
Rio	3 449 000 »	
Bahia, Victoria	380 000 »	
Amérique centrale, Mexique, Guatemala, Honduras, San Salvador, Nicaragua, Costa-Rica, etc.		1 920 000 balles
Vénézuéla, Colombie, Équateur, Pérou . .		785 000 »
Indes Hollandaises, Java, Indes Anglaises, Manille		375 000 »
Haiti		440 000 »
Cuba, Porto-Rico, Antilles anglaises, Afrique, Arabie, Moka, etc.		280 000 »

En 1909 notre pays a reçu du Brésil 535 083 sacs de café d'une valeur de 26 435 000 francs.

La Hollande qui a dans ses colonies des centres producteurs de café a vu l'importation du café brésilien augmenter chez elle d'une façon constante depuis 1903; par contre, depuis 1905 l'importation de cafés des Colonies Néerlandaises a diminué régulièrement, elle a été en 1909 le tiers environ seulement de celle de 1902.

Nous donnerons à titre d'indication quelques chiffres empruntés aux statistiques hollandaises :

Commerce du Café en Hollande

ANNÉES	TOTAL DE L'IMPORTATION	ARRIVAGE DIRECT DU BRÉSIL	ARRIVAGE DIRECT DES INDES NÉERLANDAISES
1905	93 551 726 kilos	38 167 949 kilos	26 758 270 kilos
1906	115 997 790 »	58 456 740 »	23 502 522 »
1907	117 856 960 »	57 341 953 »	20 616 705 »
1908	126 970 000 »	62 150 000 »	15 600 000 »
1909	134 805 000 »	82 728 000 »	12 259 000 »

A quoi est due une diminution si considérable dans la production des caféières des Indes Néerlandaises ? En grande partie aux maladies cryptogamiques, qui ont pu prendre pied grâce à la situation des plantations en région vraiment tropicale. Le plus terrible de ces parasites végétaux est l'*Hemileia vastatrix*, contre lequel on n'a guère trouvé de remède efficace.

Les fungicides ont donné quelques résultats, mais n'ont pas pu arrêter la maladie. Les planteurs ont essayé de tourner la difficulté ; ils ont cherché une plante plus résistante ou un type à production rapide, capable donc de donner un rendement avant que la plante ne soit totalement épuisée par les attaques suivies du parasite.

Ce type a été trouvé, il est originaire de notre Congo où il est relativement très abondant à l'état indigène. Ce caféier, *Coffea canephora*, qui existe sous diverses formes déjà à l'état indigène, n'a guère été cultivé dans notre colonie, c'est surtout à

Java où certaines de ces formes ont été introduites que les études rationnellement poursuivies ont donné les meilleurs résultats.

M. le Dr P. J. S. Cramer a sélectionné les races de caféiers d'origine congolaise, les a fait cultiver en grand dans de nombreuses estates et a pu obtenir de ces cultures des rendements qui ont déjà permis une exportation. On peut donc espérer que la culture des caféiers reprendra à Java, et nous verrons bientôt notre café congolais arriver sur le marché européen par les ports de nos voisins du Nord.

D'ailleurs les Indes Néerlandaises ne sont pas seules à se livrer à la culture des caféiers du Congo, dans les États Fédérés Malais et dans les Straits, la culture de ces mêmes plantes s'étend surtout entre les *Hevea,* ces caoutchoutiers en qui on a cru trouver une source inépuisable de richesses.

Il nous paraît très certain que la culture des caféiers de notre Colonie mérite d'être entreprise, si l'on choisit bien les conditions il nous semble que, malgré la grande avance du Brésil, le Congo pourrait devenir pour le pays un excellent centre de production. La Belgique n'est pas pour le café un mauvais client puisqu'en 1909 elle en a pris pour plus de 26 000 000 de frs.

Une étude approfondie des caféiers indigènes, de leurs variations, de la constitution chimique de leurs produits s'impose donc dans notre colonie, car notre Congo ne peut devenir une colonie à monoculture, il faut qu'à côté du caoutchouc on puisse produire cacao, café, matières grasses et fibres pour lesquelles nous sommes dans notre petit pays de grands consommateurs.

É. D. W.

ASTRONOMIE ET PHYSIQUE DU GLOBE

Boletin mensual del Observatorio del Ebro (1). — L'observatoire de l'Ebre, fondé par les Pères de la Compagnie de Jésus dans la banlieue de Tortosa et inauguré le 8 septembre

(1) Vol. I, n° 1 : Enero de 1910, con una introduccion ; n° 2 : Febrero de 1910. In-4° ; nombreuses planches, Barcelona, Guinart y Pujolar. Adresse : *Observatorio del Ebro-Tortosa* (Espagne).

1904, est entré définitivement dans la période des observations systématiques et continues. Il avait fait paraître antérieurement quatre MÉMOIRES sur ses installations et le but qu'il comptait donner à son activité (1) ; il inaugure aujourd'hui la publication d'un BULLETIN MENSUEL dont les deux premiers fascicules ont paru. Mémoires et Bulletin sont écrits en deux langues : une traduction française accompagne, en regard, le texte espagnol.

Le but principal des travaux du nouvel Observatoire est la *Physique cosmique :* l'étude de l'activité solaire et des phénomènes terrestres qui sont avec elle en relations plus ou moins étroites. Son programme embrasse donc l'*héliophysique :* observations visuelles et spectrales, photographiques et spectrohéliographiques de la surface solaire ; — la *météorologie :* observations ordinaires, ionisation et électricité atmosphérique ; — la *géophysique :* magnétisme, courants telluriques, sismologie.

En son genre, l'observatoire de l'Ebre est un des mieux outillés : rien n'a été négligé pour le doter des instruments les plus perfectionnés et les installer dans les meilleures conditions de rendement fécond et précis. Son BULLETIN très méthodiquement ordonné et luxueusement imprimé témoigne de l'activité éclairée et soucieuse d'exactitude de son personnel : il rendra incontestablement d'excellents services aux travailleurs.

Le premier fascicule s'ouvre par une préface du directeur, le R. P. Cirera, *sur l'Observatoire :* son histoire, son but, sa situation, ses conditions géologiques et climatologiques, ses publications, etc.

Une introduction technique fournit les renseignements nécessaires sur les instruments, les méthodes d'observation, le classement des résultats. Pour chacune des sections de l'observatoire, ces renseignements sont donnés par les directeurs respectifs de ces sections.

Viennent ensuite les *données numériques* des observations du mois de janvier 1910 : tableaux, diagrammes, tracés des appareils enregistreurs, sismogrammes etc., le tout très clairement ordonné.

Le fascicule 2 contient les résultats des observations de février 1910.

(1) *Notice sur l'observatoire et sur quelques observations de l'Éclipse du 30 août 1905,* Cirera. — *L'Observation solaire,* M. Balcells. — *La section magnétique,* Merveille. — *La section électrique,* Garcia Mollá.

Nous félicitons le R. P. Cirera et ses collaborateurs d'une entreprise si éminemment utile et si brillamment commencée : on peut tout se promettre de si heureuses prémices.

Mars et ses « canaux » (1). — La revue SCIENTIA a publié sur la planète Mars deux articles intéressants dont le premier, qui a pour auteur M. Percival Lowell, défend l'origine artificielle des « canaux » que combat le second, dû à M. E. Walter Maunder. Nous allons les résumer brièvement.

Voici, d'après M. P. Lowell, l'état actuel de nos connaissances sur la planète Mars, tel qu'il résulte des travaux faits à son observatoire de Flagstaff (Arizona) :

Mars tourne sur lui-même en 24 heures 37 minutes 22,65 secondes. Son axe de rotation est incliné de 28° sur le plan de l'orbite. Son année compte 687 de nos jours ou 669 des siens (2).

On observe sur Mars deux calottes polaires qui fondent pendant l'été martien et se reforment pendant l'hiver. La calotte en train de se former est mal délimitée; celle qui est en train de fondre, au contraire, est bordée d'une ceinture bleue qui la suit dans son mouvement de retrait. Ces calottes sont formées de neige. Il y a donc de l'eau dans l'atmosphère de Mars. Cette conclusion serait confirmée par la comparaison du spectre de la planète avec celui de la Lune.

La surface de Mars présente des taches *sombres* (vert bleuâtre) d'aspect changeant avec les saisons : « elles se comportent comme si c'étaient des végétaux »; et de taches *brillantes* d'une teinte d'ocre rouge : « ce sont des déserts ». La seule eau dont Mars dispose se trouve dans son atmosphère et dans les neiges polaires.

Le fait que celles-ci s'arrêtent à 87 degrés de latitude, et parfois plus haut, prouve qu'à certaines époques la température doit être élevée. On estime « à 8° centigrades la tempé-

(1) SCIENTIA, t. VII (1910), n. 1 : P. Lowell, *Mars*, pp. 1-6; IBID. n. 2 : E. W. Maunder, *The « canals » of Mars*, pp. 253-269.

(2) De ces 687 jours de 24 h., 199 appartiennent au printemps de l'hémisphère septentrional, 183 à son été, 147 à son automne et 158 à son hiver : la période estivale est donc de 382 jours et la période hivernale de 305. La distance moyenne de Mars au Soleil, celle de la Terre au Soleil étant prise pour unité, est de 1,5237. La planète ne reçoit donc du Soleil, par unité de surface, que les 0,43, ou les 3/7 environ, de la lumière et de la chaleur qu'en reçoit la Terre. Le diamètre, la surface, le volume, la masse et la densité de Mars sont respectivement les 0,53, 0,281, 0,1489, 0,107 et 0,72 des valeurs correspondantes pour la Terre. L'intensité de la pesanteur vaut 0,381.

rature moyenne probable de Mars » ; celle de la Terre est généralement estimée à 15 degrés. Le climat de Mars est celui d'un plateau. La planète est habitable.

Mieux que cela, elle est habitée.

En effet, sa surface est entrelacée d'un fin réseau de lignes et de mouchetures. Ces lignes sont « étonnamment droites, comme si elles avaient été établies avec la plus grande régularité. » Elles se rencontrent en des points très nettement définis : il y en a quelquefois jusqu'à 14 qui convergent en un de ces points. Chaque ligne est, dans toute sa longueur, de la même largeur ; la moyenne de leurs différentes largeurs paraît être comprise entre 15 et 25 kilomètres ; pour les plus fines elle descend à 2 ou 3 kilomètres. Aux endroits où ces lignes se rencontrent, il y a de petites taches *rondes* que M. Lowell appelle « oasis » ; elles sont de grandeurs différentes. Ces lignes qui recouvrent toutes les régions de la planète pénètrent dans l'une ou l'autre des calottes polaires.

Or leurs changements et ceux des « oasis », strictement saisonniers comme ceux des calottes polaires, s'ajoutent à leur régularité géométrique, pour écarter l'idée d'une origine *naturelle* ; d'autre part, cet aspect est précisément celui qui résulterait d'un système d'irrigation artificielle basé sur la fusion des neiges polaires. Donc la planète Mars est habitée (1), et nous ajouterons qu'elle possède de très habiles ingénieurs.

« Il n'est pas vraisemblable, ajoute M. Lowell, que ce que nous voyons soit la canalisation même. Au contraire, l'allure de ces lignes semble prouver que ce que nous voyons est de la végétation. Mais les végétaux ne peuvent se développer que s'ils sont alimentés en eau. Ce que nous voyons ressemble à l'inondation du Nil qui, pour un spectateur placé dans l'espace, ne laisserait point voir le fleuve, trop étroit pour être aperçu, mais lui montrerait une campagne verdoyante sur ses bords. » Et M. Lowell veut bien nous avertir que « la science n'est pas encore en état de dire si l'eau est amenée dans des conduites fermées, ce qui semble probable, ou dans des canaux découverts. »

Faut-il s'étonner que la plupart des astronomes se refusent à partager les conclusions de M. Lowell ? On en jugera après avoir entendu leurs critiques qu'expose M. E. W. Maunder.

(1) M. Lowell a développé les considérations rappelées ici dans son livre *Mars as the Abode of Life.*

Le savant astronome de Greenwich partage en sept stades principaux l'ère des grands progrès réalisés depuis deux siècles et demi dans la connaissance de la planète Mars.

I. En 1666, Cassini découvre sur Mars plusieurs taches sombres distinctes, dont l'observation lui permet de constater que la planète tourne sur elle-même en 24 heures, 40 minutes environ.

II. Au cours des oppositions de 1777, 1779, 1781 et 1783, W. Herschel détermine l'inclinaison de l'axe de rotation sur le plan de l'orbite, mesure les diamètres polaire et équatorial de la planète, en déduit la valeur de son aplatissement et montre que l'extension des calottes polaires varie, avec les saisons, comme les champs de glace de nos régions arctiques et antarctiques.

III. Les oppositions de 1830, 1832 et 1837 sont utilisées par Beer et Mädler pour prendre, de la planète, une série de dessins (lunettes de $0^m,11$ d'ouverture), à l'aide desquels ils contruisent une carte du globe entier de Mars. A toutes les oppositions suivantes les observateurs revoient sur la surface de Mars les formes tracées sur cette carte, dont quelques-unes se retrouvent sur les esquisses de W. Herschel et même sur celles de Hooke et de Cassini. La surface de Mars présente donc des taches permanentes.

IV. En 1864-1865, W. R. Dawes, avec un instrument de $0^m,20$ d'ouverture, signale l'existence de taches blanches, en dehors des calottes polaires ; il note que les « mers » — les régions sombres de la planète — ne sont pas d'un ton uniforme, et que les « terres » — les régions brillantes — sont *traversées par plusieurs lignes longues et étroites.*

V. De toutes les observations faites pendant l'opposition de 1877, les plus importantes furent celles de Schiaparelli, qui les prolongea longtemps après la fin de l'opposition. Il constate que les régions équatoriales brillantes sont traversées par des lignes étroites, qui rappellent celles de Dawes et dont la plupart suivent des méridiens. Il donne à ces lignes le nom de « canaux » pour se conformer au genre de nomenclature déjà adoptée et où il est question de mers, d'îles, d'isthmes, de détroits, etc. Dans sa pensée, le choix de cette dénomination « n'a pas pour but de préjuger la nature des taches, comme il le dit lui-même ; il ne constitue qu'un artifice destiné à aider la mémoire et à abréger les descriptions... Nous parlons de même des mers lunaires, tout en sachant bien qu'il n'y a pas de véritables mers sur la Lune. »

Au cours de la même opposition, Schiaparelli mène à bien un

travail de très grande importance : la triangulation micrométrique de la surface de Mars et la détermination des coordonnées aréographiques des 62 points fondamentaux.

VI. En 1894, M. P. Lowell commence à Flagstaff ses études sur Mars, poursuivies depuis avec une inlassable ardeur. On lui doit la découverte de beaucoup de nouveaux « canaux », de celle d'un certain nombre de taches rondes, appelées par lui « oasis », situées à la jonction des canaux, et la démonstration que les « canaux » et certaines régions sombres sont soumis, comme les calottes polaires, à des changements saisonniers. M. Lowell a fait ses observations avec un réfracteur de $0^m,45$ d'ouverture.

VII. Enfin, au cours de l'opposition de 1909, M. Antoniadi a observé Mars avec le réfracteur de $0^m,83$ d'ouverture de l'observatoire de Meudon, et est arrivé à des résultats d'un très grand intérêt dont il sera question plus loin.

Les « canaux » de Mars ont soulevé deux controverses très différentes. La première s'éleva dès la publication, en 1877, des observations de Schiaparelli. Elle portait sur l'objectivité des observations du savant astronome italien : les « canaux » de Mars sont-ils des formes imaginaires, ou des formes réelles ? — La question est tranchée aujourd'hui : Schiaparelli n'a pas été victime d'une pure illusion d'optique ; il y a réellement, sur la planète Mars, des formes particulières là où il les a représentées, et quand on les observe dans les mêmes conditions que lui et avec un instrument équivalent, ces formes ont bien, au premier regard, l'apparence d'un réseau de lignes droites et étroites.

La seconde controverse porte sur l'interprétation de ces apparences, sur la réalité qu'elles recouvrent. Nous savons ce qu'en pense M. Lowell. La parfaite régularité de forme et de position qu'il croit pouvoir donner aux « canaux » prouve, à ses yeux, leur origine artificielle. Ils sont trop réguliers, dit-il, pour être naturels ; et il suppose que ni les perfectionnements que l'on pourra apporter aux instruments, ni une expérience plus grande, ni une vue meilleure ne permettront jamais de découvrir plus de complexité dans ces « canaux » ; leur aspect ne serait pas différent pour nous si nous étions tout près de la planète.

« L'historique des découvertes relatives à la surface de la planète, répond M. Maunder, infirme cette supposition. » Nous allons suivre pas à pas et souvent mot à mot l'exposé du savant astronome de Greenwich.

Reportons-nous aux dessins faits par Beer et Mädler en 1830. Voici deux petits objets extrêmement semblables entre eux. Ce sont deux taches *circulaires* sombres, dont l'une est isolée et l'autre se trouve à l'extrémité d'une ligne étroite, nette, uniforme et légèrement courbe : ces taches rappellent les « oasis » de M. Lowell, et la ligne courbe a un aspect tout semblable à celui sous lequel sont apparus plusieurs des « canaux » dans des observations récentes. L'une de ces taches est appelée aujourd'hui *Lacus Solis*, l'autre *Sinus Sabaeus*. On les retrouve sur les dessins de Dawes (1864), de Schiaparelli (1877 et plus tard), de Lowell (1895 et plus tard) et d'Antoniadi (1909).

Or si l'on compare les dessins de Beer et Mädler, qui se sont servis d'un instrument de $0^m,11$ d'ouverture, avec ceux de Dawes dont la lunette avait une ouverture double à peu près, on constate que la ressemblance entre le *Lacus Solis* et la tête du *Sinus Sabaeus* a complètement disparu et que ni l'une ni l'autre de ces deux taches n'apparaît maintenant circulaire. Schiaparelli usant en 1877 d'un instrument équivalent à celui de Dawes, fait les dessins équivalents à ceux de cet observateur ; plus tard, il arrive à distinguer plus de détails. En 1894 et plus tard, Lowell, employant une lunette de $0^m,45$, arrive à des dessins plus détaillés encore. Enfin, avec une lunette de $0^m,83$, Antoniadi, en 1909, découvre de nouveaux et très nombreux détails dans ces régions qui avaient semblé si uniformes à Beer et à Mädler. Enfin il y a, au point de vue des dimensions, une gradation insensible du *Lacus Solis* à la plus petite « oasis » de Lowell.

Supposons que nous disposions un jour d'instruments l'emportant sur le réfracteur de Meudon autant qu'il l'emporte lui-même sur l'instrument de Beer et Mädler, les « oasis » de Lowell continueront-elles à se montrer comme des taches circulaires et uniformes ? Beer et Mädler auraient-ils été fondés à prétendre que la circularité en apparence parfaite des deux « oasis » qu'ils avaient observées, prouvait qu'elles étaient *artificielles*, en se basant sur ce fait que « de toutes les figures fermées de même périmètre, celle dont l'aire est maximum est le cercle » (Lowell) ? N'aurait-on pas pu leur répondre, avec raison, qu'une tache trop petite pour être distinguée nettement paraît nécessairement circulaire par le fait que ces petites irrégularités sont invisibles ? L'objection eût été péremptoire, et l'expérience acquise lui a donné plus de force encore ; M. Lowell cependant n'en tient pas compte.

Beer et Mädler n'ont dessiné que deux de ces taches, Lowell en a dessiné 186. Les deux taches observées par les astronomes allemands leur semblèrent *toute pareilles* : telles que nous les voyons aujourd'hui, elles n'ont pas entre elles la moindre ressemblance. Les 186 « oasis » de Lowell présentent toutes, à de rares exceptions près, le même caractère. Qu'en sera-t-il le jour où nos instruments se seront perfectionnés ?

D'ailleurs, si l'on donne à un observateur novice un petit instrument et qu'on le charge d'observer Mars, il dessine le *Lacus Solis* et le *Sinus Sabaeus* exactement sous la même forme que Beer et Mädler ; plus expérimenté et armé d'un instrument plus puissant, il reproduit ces régions telles qu'elles se montraient à Dawes et à Schiaparelli : l'aspect de la planète n'a cependant pas changé ; ce sont les conditions d'observation qui sont devenues meilleures.

Il y a de la régularité apparente des « canaux » et des « oasis » une explication beaucoup plus simple que celle qui consiste à admettre qu'ils ont été creusés par une population de laborieux géomètres : elle nous est fournie par la structure de l'œil et de la retine. L'œil est une lentille dont le pouvoir de définition est nécessairement limité par son ouverture, et la rétine est un écran sensible, composé d'un nombre immense d'éléments distincts, dont chacun ne peut transmettre qu'une seule impression. Des yeux différents ont des limites différentes, aussi bien pour les dimensions du plus petit objet qu'ils peuvent *discerner* que pour celles du plus petit objet qu'ils peuvent *voir nettement* ; mais, pour une vue quelconque, il s'agit toujours, d'une part, de secondes d'arc et, d'autre part, de minutes d'arc. Entre la limite du simple *discernement* et la limite de la *vue distincte*, les objets ne peuvent apparaître — c'est un fait d'expérience — que sous la forme de *lignes droites* ou sous celle de *taches rondes*.

Il suffit donc que nous supposions que la surface de Mars est parsemée de menues taches irrégulières pour sauver toutes les apparences. Si ces taches sont assez voisines l'une de l'autre, il n'est pas nécessaire, pour qu'elles produisent l'effet de « canaux » qu'elles soient individuellement assez grandes pour être vues, et il n'est pas nécessaire non plus que leur forme réelle soit approximativement circulaire. Elles peuvent être de n'importe quelle forme, pourvu seulement qu'elles soient individuellement au-dessous de la limite de la *vision nette* et qu'elles soient suffi-

samment clairsemées. Dans ce cas, l'œil réunit inévitablement les détails qu'il *discerne* mais ne *distingue* pas séparément, de façon à en faire des lignes fines, ressemblant absolument à des « canaux ». D'autre part, partout où il se trouvera un petit groupe de pareilles taches, on aura l'impression d'un objet circulaire, d'une « oasis », ou bien encore, si le groupe est plus considérable, celle d'une surface ombrée, d'une « mer ».

Ces considérations résultent d'observations très simples faites à l'œil nu ; mais les mêmes principes s'appliquent à fortiori à la vision télescopique (1) : elle augmente la tendance à voir les menues taches sous les formes « économiques » de lignes droites et de cercles. La photographie agit dans le même sens.

C'est en 1891 que M. Maunder est arrivé à ces conclusions (2) ; un peu plus tard M. Cerulli les retrouvait d'une façon indépendante (3) : « Ces lignes, écrit-il, — les « canaux » — sont formées par l'œil,... qui utilise... les éléments obscurs qu'il trouve suivant certaines directions ;... un grand nombre de ces éléments forme une bande large,... un nombre plus petit donne naissance à une ligne étroite... L'apparence merveilleuse des lignes en question est fondée non sur la réalité des choses, mais sur l'incapacité du télescope actuel de montrer fidèlement une pareille réalité. »

Le Dr Cerulli est allé plus loin. Il a découvert le fait remarquable qu'une lorgnette de spectacle révèle des « canaux » sur la Lune. Dans une lettre récente adressée à M. Antoniadi, il a montré que de petites photographies, d'un centimètre environ de diamètre, de notre satellite, montrent, si on les tient à la distance voulue et qu'on les regarde fixement pendant un temps suffisamment long, des « canaux » simples et doubles tels que ceux qu'on aperçoit sur Mars (4).

En 1907, Newcomb fit des expériences du même genre et parvint à la même conclusion. De plus, il attira l'attention sur le fait que le réseau des « canaux » alors connu n'était pas « inférieur à la moitié de la surface totale de la planète et peut-être plus grand encore ». Actuellement, leur aire totale, telle

(1) Voir à ce sujet une série d'articles du Dr C. Johnstone Stoney, dans Philos. Mag. XVI, 318, 796 et 950 ; août, novembre et décembre 1908.

(2) Knowledge, 1894, 249-252 et 1895, 58.

(3) *Marte nel 1896-1897.*

(4) Le Dr Cerulli a adressé aux différents observatoires un exemplaire de

qu'elle se peint sur la rétine, atteint au moins les deux tiers de la planète.

A ces considérations M. Maunder en joint d'autres, tirées de l'étude de l'atmosphère de Mars; elles l'amènent à cette conclusion : il n'est pas besoin de canaux pour que l'eau circule entre les diverses régions de la planète; la succession des saisons y suffit, et il n'y a jamais eu de raison valable pour supposer l'existence de pareils « canaux ».

Enfin, et c'est ici l'argument capital, l'apparente régularité géométrique des « canaux » et des « oasis » que l'on invoque comme preuve décisive de leur origine artificielle n'existe pas.

Dès 1884, Schiaparelli et W. F. Dennig remarquèrent que quelques-uns des « canaux » n'étaient pas strictement rectilignes. Au cours des oppositions suivantes, Barnard, Cerulli, Denning, Millochau, Moleswoorth, Phillips, Stanley Williams et bien d'autres ont constaté qu'ils montraient des signes manifestes de résolution. Enfin, lors de la dernière opposition (1909), les observations de M. Antoniadi faites à Meudon, avec une lunette de $0^m,83$, ont accumulé des preuves bien propres à transformer en certitude l'hypothèse de M. Maunder (1).

« On a vu à Meudon 50 « canaux » ayant quelque base réelle. Parmi eux, 28 pour cent *se résolurent en nœuds séparés par des estompages diffus* ; 20 pour cent apparurent sous forme de bandes plus ou moins sombres; 16 pour cent étaient des lisières d'estompages pâles; 16 pour cent encore semblaient être des traînées larges et diffuses; 8 pour cent avaient l'aspect de lignes irrégulières; 6 pour cent formaient de larges estompages;

ces délicieuses petites photographies de la Lune en l'accompagnant de cette légende :

MARTIS INTERPRES LUNULA

Exigua in forma per lucem picta Diana
Quos habet aspectus Martis imago refert.

Dat fluvios geminatque, sinus dat, stagnaque, Syrtes,
Quid sibi signa velint Martis et ipsa docet.

Stat vero apparens Mars sicut Lunula Lunæ,
Hæc Marti coram te meminisse juvet.

Callido lectori s. d. Vincenzo Cerulli.

(1) JOURNAL OF BRITISH ASTRON. ASSOCIATION, n° de décembre 1909.

6 pour cent encore se présentaient sous l'aspect de « lacs » irréguliers et isolés.

» La tendance à la résolution était irrésistible dans les circonstances favorables, et si toutes les parties de la surface avaient été examinées dans des conditions également avantageuses, le pourcentage des « canaux » se résolvant en leurs principaux composants auraient été beaucoup plus grand que celui qui est indiqué ici. »

De ses observations, poursuivies du 20 septembre au 27 novembre 1909, M. Antoniadi a tiré les conclusions générales suivantes :

Le véritable aspect de Mars est comparable à celui de la Terre et à celui de la Lune.

Dans de bonnes conditions de vision, il n'y a pas la moindre trace de réseau géométrique.

Les « régions continentales » de la planète sont diversifiées par d'innombrables taches grisâtres différant beaucoup entre elles au point de vue des contours et de l'intensité de la teinte, et dont les groupements sporadiques donnent naissance, dans les petits instruments, au réseau de « canaux » de Schiaparelli.

« Il n'y a pas de doute, poursuit M. Antoniadi, que l'on n'ait jamais vu un seul véritable canal sur Mars, et l'on n'en verrait pas non plus en observant la planète de Phobos, celui de ses satellites qui en est le plus rapproché. »

Le 6 octobre et le 9 novembre, M. Antoniadi a eu sous les yeux ce qu'il considère « comme une vue élémentaire de la véritable structure des déserts martiens. Dans ces deux occasions, l'image, après avoir été légèrement tremblotante, devint tout à coup parfaite, et alors apparut un spectacle merveilleux qui persista pendant une douzaine de secondes : le sol de la planète semblait couvert d'un grand nombre de nœuds sombres, d'échiquiers informes, diversifié par des surfaces très légèrement grisâtres, et veiné de filaments ondoyants irréguliers, spectacle qu'aucun artiste évidemment ne pourrait rendre. *Il n'y a rien de géométrique dans tout cela, rien d'artificiel;* tout l'aspect de la planète avait quelque chose d'absolument naturel.»

La comparaison des dessins de M. Antoniadi avec ceux des mêmes régions dus aux aréographes des époques antérieures, montre nettement que l'on a distingué sur Mars des détails de plus en plus menus à mesure que la puissance des lunettes augmentait et que les observateurs acquéraient plus d'expérience. Le réseau géométrique a été un stade nécessaire de nos progrès, mais ce stade appartient au passé.

M. Antoniadi conclut son rapport en faisant remarquer que « ce réseau disparut quand la planète fut pratiquement dans sa position la plus voisine de la Terre, haut au-dessus de l'horizon, et examinée avec les meilleurs instruments de notre époque. Le fait qu'on ne peut pas voir de lignes droites d'une façon sûre, alors que des détails beaucoup plus délicats étaient visibles d'une façon continue, constitue une objection fatale à l'existence de ces lignes. »

Enfin il rend hommage au travail de Schiaparelli : partout où l'astronome italien avait dessiné une traînée grisâtre, il y a, en effet, un groupe d'estompages irréguliers sur la surface de Mars (1).

Comètes et électrons (2). — Les sciences sont sœurs et s'entraident volontiers : quand l'une d'elles s'est enrichie de quelque conquête nouvelle, voire même de quelque hypothèse féconde, les autres s'empressent de les mettre à profit. M. Righi nous en donne un bel exemple.

Dans leur course vagabonde, les comètes obéissent très exactement aux lois de Newton, mais, en dépit de l'attraction universelle, au voisinage du périhélie, elles s'ornent d'une queue dont la direction paraît établir l'existence d'une force *répulsive* émanée du Soleil.

Képler en cherchait l'origine dans une action mécanique des radiations solaires : la lumière déplacerait, dans le sens de sa propagation, les corps qu'elle éclaire.

La *théorie de l'émission* se prêtait très bien à cette explication, aussi Newton ne la rejette pas ; il préfère cependant recourir à la pesanteur elle-même : les corps plus légers que l'air *s'élèvent* dans l'atmosphère, sous la poussée du milieu ambiant ; les « fumées » échappées de la tête de la comète s'élèvent de même dans le milieu plus lourd qui l'entoure, pour former la queue opposée au Soleil (3).

(1) On trouvera dans NATURE, 5 January 1911, une lettre de M. Antoniadi à propos d'un article de M. Worthington (favorable à la réalité des « canaux ») avec de nombreuses et intéressantes références qui corroborent les conclusions de l'astronome de Meudon.

(2) Auguste Righi, *Comete ed electroni*. Discorso inaugurale pronunciato il 22 Giugno 1910 nella seduta plenaria della R. Academia delle scienze di Bologna (ATTUALITA SCIENTIFICHE, n. 13). Un vol. in-8° de 63 pages. — Un résumé de ce discours a paru dans SCIENTIA, vol. VIII (1910) n. 4, pp. 268-278.

(3) « Ascensum caudarum ex Atmosphæris capitum et progressum in partes a Sole aversas *Keplerus* adscribit actioni radiorum lucis materiam caudæ

Les disciples de Newton retinrent l'explication de Képler, mais tentèrent en vain de la justifier expérimentalement. Bennet voyait, dans cet insuccès, une raison pour rejeter l'hypothèse de l'émission et lui préférer celle des ondulations qu'appuient, dit-il, les découvertes dans le domaine de l'électricité (1).

A cette époque, Euler avait, en effet, montré que des ondes *longitudinales*, analogues aux ondes sonores dans l'air, devaient exercer, dans le sens de leur propagation, une *pression de radiation* sur les corps qu'elles rencontrent (2). Nous savons aujourd'hui que la même propriété appartient aux ondes transversales et en particulier aux ondes lumineuses dans la théorie électro-magnétique de la lumière (3). Encore la preuve matérielle, expérimentale de l'existence de cette *pression de radiation* fut-elle longtemps cherchée en vain.

Fresnel s'y employa sans succès (4). Crookes, en 1873, crut un instant l'avoir trouvée (5), mais il fut bientôt établi que la rotation du *radiomètre* est due à une tout autre cause (6). Un physicien italien, Bartoli, démontra *théoriquement* l'existence de cette pression et *en calcula même la valeur* avant que la théorie de Maxwell se fût répandue, mais il échoua également dans ses essais de contrôle expérimental (7).

Le succès était réservé au physicien russe Lebedew (8), à

secum rapientium. Et auram longe tenuissimam in spatiis liberrimis actioni radiorum cedere, non est a ratione prorsus alienum, non obstante quod substantiæ crassæ, impeditissimis in regionibus nostris, a radiis Solis sensibiliter propelli nequeant. Alius particulas tam leves quam graves dari posse existimat, et materiam caudarum levitate, perque levitatem suam a Sole ascendere. Cum autem gravitas corporum terrestrium sit ut materia in corporibus, ideoque servata quantitate materiæ intendi et remitti queat, suspicor ascensum illum ex rarefactione materiæ caudarum potius oriri. Ascendit fumus in camino impulsu Aeris cui innatat. Aer ille per calorem rarefactus ascendit, ab diminutam suam gravitatem specificam, et fumum implicatum rapit secum. Quidni caada Cometæ ad eundem modum ascenderit a Sole ? » *Principia mathem.* l. 3 Prop. XLI. Prob. XXI, pp, 471-472, editio ultima, Amstælodami MDCCXXIII.

(1) Philos. trans., 1792.

(2) Mém. de l'Acad. royale de Berlin, 1746.

(3) Maxwell, *A Treatise on Elect. and Magn.*, II, 391.

(4) Ann. de chimie et de phys., XXIX, 1825.

(5) Philos. trans., 1873.

(6) Zöllner, Pagg. Ann., CLX, 1877.

(7) A. Bartoli, *Sui movimenti prodotti dalla luce*, Firenze 1876 ; Il n. Cim., XV, 1884.

(8) Ann. d. phys., VI, 1901.

l'anglais Poynting (1), et aux américains Nicholls et Hull (2). En même temps que ces expériences décisives, des travaux théoriques confirmaient les conclusions énoncées par Bartoli et déduites ensuite des formules de Maxwell (3).

L'attraction est une action de masse ; elle dépend donc, toutes choses égales d'ailleurs, du *volume* du corps attiré. La *pression de radiation,* au contraire, est une action de *surface.* Pour une sphère homogène, l'attraction est proportionnelle *au cube* de son rayon, et la pression de radiation *au carré.* En général, la pression de la lumière solaire est très petite vis-à-vis de la gravitation ; mais si l'on considère des corps de plus en plus petits, la diminution des dimensions fait croître le rapport de la surface éclairée au volume de ces corps ; il arrive nécessairement, pour des corps très petits, que la pression égale l'attraction, et que, pour des corps plus petits encore, elle la surpasse (4). Des corps quelconques mais de dimensions suffisamment petites, sont donc repoussés par le Soleil et s'en éloignent avec une vitesse croissante au lieu de tomber sur lui. Cette loi physique s'applique d'elle-même aux phénomènes cométaires.

La présence de gaz dans les queues des comètes est certaine ; on a cru longtemps qu'elles ne contenaient que cela. C'était l'opinion de Bredichin. Mais certains phénomènes dont elles sont le siège, en particulier la réflexion et la diffusion de la lumière solaire, nous obligent d'admettre qu'elles contiennent aussi d'innombrables petits corps solides.

(1) Phil. mag., IX, 1905.

(2) Ann. d. phys., XII, 1903.

(3) Boltzman, Wied. ann., XXII, 1884 ; Wien, *Rapp. du Congrès de phys.*, 1900, II, 23 ; Galitzine, Wied. ann., XLV, 1892 ; Guillaume, Arch. de Genève, XXXI, 1894 ; Poynting, Proc. of the R. Soc. A. LXXXIII, 1910, 534.

(4) Beaucoup de phénomènes, d'ordre très divers et bizarres en apparence, s'expliquent par cet antagonisme entre deux actions, l'une de surface et l'autre de volume, celle-ci étant victorieuse, dans les circonstances ordinaires, et vaincue pour des corps très petits. Voici quelques exemples. Une masse liquide un peu considérable s'écrase sous son poids (action de volume) en dépit de la tension superficielle (action de surface) ; une masse très petite de liquide (goutte de rosée, mercure très divisé, etc.) se façonne en sphère. Un corps de dimensions relativement grandes tombe sous son poids malgré la résistance de l'air (action de surface) ; les très petites poussières flottent dans l'atmosphère. Le frai, perte en poids d'une pièce de monnaie par l'usure (action de surface) est plus grand pour les pièces d'or de 5 francs que pour les pièees d'or de 20 francs, etc. Dans ces exemples, le poids (ou la valeur) — et par suite le volume — diminuent plus rapidement que la surface.

Ils n'ont pas tous nécessairement les mêmes dimensions. Or l'étude des mouvements et de la constitution des queues cométaires a permis à Bredichin de constater que la force répulsive apparente y variait entre d'assez larges limites; il l'a trouvée égale pour différentes comètes ou pour une même comète à queues multiples, à 18,5 fois, 3,2 fois, 2 fois, 1 fois, 0,3 fois l'attraction solaire ; des particules de dimensions différentes ou d'inégale densité satisferont à ces exigences.

On admettra donc, et pour de bonnes raisons, que les comètes sont principalement formées par une infinité de petits corps pareils à ceux qui se meuvent en grand nombre dans les espaces célestes, soit isolément, soit rassemblés en anneaux météoriques et qui deviennent des aérolithes, des étoiles filantes en traversant notre atmosphère. S'il arrive qu'un amas de ces corps s'approche très près du Soleil, la chaleur pourra les fondre, les sublimer, les désagréger en innombrables et très petites particules solides ou liquides qui subiront la *pression de radiation* victorieuse de l'attraction, et formeront la queue de la comète.

Partant de là, Arrhenius a donné des queues cométaires une théorie dont il a étendu l'application aux poussières cosmiques répandues dans l'espace et provenant en grande partie des éruptions solaires, en vue d'expliquer, avec le concours de certains faits de nature électrique dont nous dirons un mot plus loin, les phénomènes de la couronne solaire, la lumière zodiacale, les aurores polaires, et beaucoup d'autres choses encore (1).

(1) Phys. Zeitschr., II, 1900. *Lehrbuch der Kosmischen Physik*, Leipzig, Hirzel, 1903. — *L'Évolution des mondes*, traduction de M. Seyring, Paris, Béranger, 1910. Ce dernier ouvrage groupe, en une vaste synthèse, les idées, souvent bien hardies, du savant Suédois. Pour lui, les espaces qui séparent les mondes ne sont pas, ce qu'un vain peuple pense, des abîmes vides et infranchissables. Les astres qui peuplent l'univers échangent entre eux, non seulement leurs lumières, leurs attractions, leurs actions électriques, mais *leur matière* même. Entre le Soleil et les planètes, mieux encore entre les différents systèmes stellaires, s'établit une circulation incessante de particules matérielles mises en mouvement par la *pression de radiation*. C'est elle qui donne au Soleil sa couronne, aux comètes leurs queues, aux nébuleuses leur lueur, à la Terre la lumière zodiacale, ses météorites, ses aurores polaires, etc. Elle lui doit même la vie qui s'épanouit à sa surface. Le très ingénieux physicien fait, en effet, venir la vie sur notre globe de quelqu'astre lointain, où elle a poussé d'elle-même, sans doute, et charge la *pression de la lumière* qui nous l'a apportée d'en transmettre les germes des astres vieillis qui se meurent de froid, aux planètes jeunes qui se consolident pour leur faire bon accueil : il paraît que 9000 ans suffiraient à une spore pour aller d'ici à l'étoile

Mais comment accorder cette théorie avec la présence des gaz dans les queues cométaires? — On a cru, au début, que la *pression de radiation* l'emportait d'autant plus sur la gravité que les particules sur lesquelles elle s'exerce sont plus petites sans que cette loi pût subir aucune limitation; on avait fini, dès lors, par admettre que les *molécules des gaz* devaient elles aussi, elles surtout à cause de leurs faibles dimensions, être repoussées par la lumière. C'est ainsi que Lebedew avait essayé une théorie des queues cométaires entièrement gazeuses. Mais on reconnut plus tard l'intervention de phénomènes de diffraction provoqués par les particules dont les dimensions se rapprochent de celles des ondes lumineuses : ces particules cessent d'être invariablement repoussées, et il en est ainsi des molécules gazeuses.

Plus tard encore, ce changement d'allure du phénomène s'est précisé : ces particules trop petites pour donner lieu à la répulsion qui est la règle générale, ne sont pas *absolument* rebelles à la pression de radiation, mais elles ne sont plus repoussées de fait par la lumière ou la chaleur rayonnante que comme le sont les résonnateurs acoustiques par les ondes sonores, c'est-à-dire à la condition que la périodicité de ces ondes soit appropriée aux dimensions des particules. Récemment, Lebedew est parvenu à la confirmation expérimentale, au point de vue qualitatif et quantitatif, de ces déductions théoriques (2).

Les queues des comètes peuvent donc contenir aussi des gaz ; « mais il me paraît vraisemblable, dit M. Righi, que leurs molécules se perdent rapidement dans l'espace, par la même raison que certains gaz trop légers ne peuvent continuer à faire partie d'une atmosphère planétaire donnée; elles sont continuellement remplacées par de nouvelles molécules poussées par les radiations solaires. »

Si la *pression de radiation* rend compte de l'aspect général des comètes, elle laisse sans explication bien des phénomènes intéressants dont ces astres chevelus sont le siège et qui donnent naissance à la lumière propre qu'ils émettent. Ces phénomènes

α du Centaure, sans rien perdre évidemment de sa vitalité, grâce au froid des espaces stellaires. — Vraiment l'univers n'a de secrets que pour ceux qui s'obstinent à rester dans les bornes de la vraisemblance.

(2) Schwarzchild, Fortschr. d. Phys. 1901, II, 4. — Fitzgerald, Proc. R. Dublin Soc. 1883, 344. — Nichols and Hull, Astron. Journ. 1903, 353. — Dvorak, Pogg. Ann. 1876, CLVII; Ber. d. Wien. Akad. 1882, 740. — Lebedew, Wied. Ann., LXII, 1897; LII, 1894; LIX, 1896; XLV, 1892; 1910, p. 411.

ont tant d'analogie avec ceux que présentent les tubes à décharges qu'on est amené à les assimiler et à les expliquer de la même manière en recourant à la théorie des électrons.

On sait qu'un corps incandescent émet des électrons et qu'un corps frappé par les radiations, lumineuses et autres, en émet aussi ; on sait que les électrons une fois libres peuvent en engendrer de nouveaux par leurs chocs contre les molécules gazeuses ou contre les corps solides ou liquides, reproduire des atomes neutres en s'unissant à des ions positifs, ou donner naissance à des ions négatifs en s'unissant à des atomes ou à des molécules ; on sait enfin que toute variation brusque de la vitesse d'un électron engendre une perturbation électromagnétique qui se propage dans l'éther avec la rapidité de la lumière.

On admettra donc que le Soleil émet perpétuellement des électrons ; ceux-ci opèrent dans les queues cométaires qui deviennent ainsi le siège de phénomènes électriques considérables, source de leur lumière caractéristique si semblable à celle qu'émettent, dans nos appareils certains gaz tels que le cyanogène et certains hydrocarbures, sous l'influence des électrons et des ions (1).

M. Righi est ici sur un terrain qu'il connait admirablement, et il donne de la théorie dont nous nous bornons à indiquer ici le point de départ, un exposé succinct, mais très clair et très précis.

On se souvient que l'annonce du passage de la Terre à travers la queue de la comète de Halley, avait fait naître l'espoir, chez les astronomes, d'un contrôle possible de ces idées nouvelles. Les événements n'ont pas répondu à leur attente. Certaines observations cependant semblent fournir un commencement de preuve : M. Righi les rappelle en terminant son discours (2).

J. N.

(1) Righi, Rend. della R. Acc. dei Lincei, 4 Marzo 1888. — J. J. Thomson, Phil. Mag., 1902, August. — Goldstein, Wied. Ann., XII, 1881. — Hasselberr, Mém. de l'Acad. de St-Petersbourg, 1881. — Vogel, Astron. Nachr., 1881.

(2) Voici les sources auquelles renvoie l'auteur : Chree, Nature, Mai, 26, 1910. — Marchand, Comptes rendus, 30 mai et 3 juin 1910. — Guillaume, Bull. de la Soc. Astron. de France, avril 1910. — Claude, Nature, June, 2, 1910. — Cirera et Ubach, Comptes rendus, 6 juin 1910. — Dnies, Nature, June, 9, 1910. — Pring, Ibid. —

SCIENCES MÉDICALES

Du traitement actuel des épanchements articulaires aigus. — De tout temps le traitement des épanchements articulaires aigus, survenus à la suite de traumatismes, d'efforts, ou même spontanément, qu'ils fussent formés de sang ou simplement de synovie a consisté, et consiste encore pour beaucoup de médecins dans l'application immédiate d'un plâtre immobilisant le segment et maintenu six semaines ou même plus parfois. Au sortir de l'appareil l'épanchement avait, il est vrai, la plupart du temps disparu mais, pour peu que le malade voulût se servir de son membre, le gonflement se reproduisait, les muscles atrophiés étaient devenus incapables de rendre service et de plus l'articulation était toujours plus ou moins ankylosée. Bref, pour aboutir à un résultat convenable il fallait des mois.

Ces sortes d'accidents fréquents étaient, depuis la loi sur les accidents du travail, très onéreux pour les patrons ou les sociétés d'assurances. La nécessité de raccourcir à tout prix une longue incapacité de travail jointe à une liberté de penser scientifique plus grande provoquèrent des recherches diverses qui aboutirent finalement, par des moyens hardis, à un résultat inespéré.

Toute immobilisation absolue et souvent même relative fut supprimée comme étant un des grands facteurs d'impotence.

Ce fait n'avait d'ailleurs rien d'étonnant, et il faut que nous contrôlions peu ce qu'on nous a toujours enseigné ou que l'appareil plâtré nous ait paru bien intangible pour n'y avoir pas songé plus tôt. En effet, en orthopédie nous observons presque régulièrement ce fait, qu'une jointure saine, un genou par exemple, immobilisé pour une difformité quelconque, se remplit de sérosité après l'enlèvement du plâtre, dès que le malade se sert un peu de sa jambe. Comment donc ce même appareil qui met déjà à mal une articulation qui doit être immobilisée pour une cause ne dépendant par d'elle, ne nuirait-il pas à plus forte raison à une articulation traumatisée ?

On se hasarda également à traiter cet épanchement comme certains traitaient les épanchements tuberculeux chroniques ; en ponctionnant et en évacuant le liquide épanché. Le résultat dépassa les espérances.

Voici ce traitement tel qu'il est généralement pratiqué maintenant après avoir subi quelques modifications. C'est à peu près

celui formulé par les médecins s'occupant d'assurances contre les accidents du travail et réunis en Congrès à Bruxelles en septembre passé.

Aussitôt que possible après l'apparition de l'épanchement, quelle que soit sa nature, on ponctionne à l'aide d'une grosse aiguille et on vide l'articulation, en aspirant le liquide qu'elle contient au moyen d'un aspirateur quelconque. Certains vont même jusqu'à ponctionner au bistouri comme un abcès. Cette ponction, quelle qu'elle soit, doit, bien entendu, être faite aussi aseptiquement qu'une laparotomie.

L'effet immédiat est merveilleux ; le malade vous arrive, souvent porté à bras, toujours l'articulation gonflée, douloureuse, hors de service. A mesure que le liquide sort, les souffrances diminuent, pour disparaître presque complètement lorsque l'opération est finie. Le malade, qui immobilisait instinctivement son membre, retrouve les mouvements et la plupart du temps, si c'est du genou qu'il s'agit, retourne à pied chez lui comme si de rien n'était. On bande bien l'articulation et on la met au repos relatif. Les jours suivants on donne quotidiennement un bain d'air chaud suivi d'une bonne séance de massage et de mobilisation, que le malade doit répéter quelques fois dans la journée. Si l'épanchement tend à se reproduire, on reponctionne.

Habituellement en quinze jours, trois semaines, le malade est guéri et capable de reprendre son travail. Quand elle existe, l'atrophie des muscles est insignifiante et d'ankylose il n'est plus question, à part cependant chez les sujets âgés et rhumatisants qui s'ankylosent pour un rien.

Notez qu'il est important d'agir le plus tôt possible après l'accident, avant que l'épanchement n'ait pu s'organiser et que la capsule articulaire ne soit trop longtemps distendue et ait ainsi perdu son élasticité.

J'ai eu l'occasion de traiter plusieurs cas au moyen de cette méthode et j'ai été réellement surpris de la rapidité et de la beauté du résultat : je surpris même un jour un de mes malades en vélo, quinze jours après qu'il eut été atteint d'un gros hémarthrose traumatique du genou. Un autre de ces malades reprenait son travail d'électricien trois semaines après un épanchement du coude compliqué de fracture intra-articulaire. Au lieu de devoir forcer les malades à employer leur membre, comme cela se passait par l'emploi de l'ancienne méthode, il faut au contraire leur défendre de trop le faire et de fatiguer ainsi inutilement une articulation lésée.

Ceci évidemment s'applique à des malades ayant intérêt à une prompte guérison. Car il n'en est malheureusemont pas toujours de même des autres.

Certes, un médecin, qui par ignorance ou par principe, négligerait de faire bénéficier ses malades des bienfaits de cette nouvelle méthode de traitement, serait en faute et pourrait, à la rigueur, être rendu civilement responsable des accidents causés par l'ancienne façon de faire.

Encore un mot au sujet de la fulguration du Cancer (méthode de Keating-Hart). — Le professeur Paul Segond fut récemment chargé par la *Conférence internationale pour l'étude du cancer* d'étudier impartialement la fulguration appliquée au traitement du cancer et de présenter un rapport à ce sujet.

Voici les conclusions auxquelles aboutit ce travail tout récent (octobre 1910), très bien écrit, scientifiquement fait et ressemblant fort à un jugement de tribunal.

La fulguration appliquée au cancer ne donne pas de meilleurs résultats que les pâtes arsénicales d'autrefois, et « les cicatrices obtenues ne sont que des cache-misères ». Le savant professeur ne voit dans ce procédé « qu'un palliatif intéressant de la douleur et de l'hémorragie, un cicatrisant remarquable, en somme un heureux adjuvant de la chirurgie dans les cas où celle-ci est impuissante ».

L'auteur va plus loin, il pense que, dans cette méthode, les récidives sont plus rapides. Quoique élève de Keating-Hart lui-même, et partisan autrefois de la fulguration, il ne l'emploie plus pour ses malades, espérant plus, dit-il, à l'avenir de l'air chaud et du radium.

Ces conclusions confirment entièrement l'appréciation de cette méthode que nous formulions récemment ici même.

Lois de la procréation des Sexes. — Une nouvelle théorie tend actuellement à se faire jour ; reste à voir jusqu'où elle se vérifiera et si elle résistera mieux à l'observation que celles qui l'ont précédée.

Le sexe du géniteur le plus faible au moment de la conception déterminerait le sexe de l'enfant. L'auteur cite entre autres exemples les ménages de pêcheurs où, en grande majorité, les filles dominent.

Évolution des idées concernant le traitement des tuber-

culeux. — Voici encore un dogme scientifique introduit par les Allemands qui disparaît, rejeté après une expérimentation et une observation attentives.

Dans tout sanatorium qui se respecte on suit les méthodes allemandes mettant les tuberculeux au repos absolu, tandis qu'on les gave tant et plus. Or d'après les recherches récentes faites en Angleterre par Inman, Paterson et Wright sur la phagocytose dans les affections tuberculeuses, il paraît démontré que le repos affaiblit l'activité de la phagocytose tandis que le travail musculaire bien réglé l'exalte. Ceci étant constaté par l'indice opsonique du sérum du sang des malades en observation. Or la phagocytose est la mesure exacte du degré d'immunisation auquel est parvenu un sujet. Mais d'autre part, les cures de tuberculine, faites sur d'autres malades, produisent les mêmes résultats. On en est arrivé à cette conclusion logique que le travail devait agir en provoquant une résorption de toxines tuberculeuses de la même manière qu'une injection de tuberculine. Ainsi, un travail trop fort provoque une poussée fébrile analogue à celle produite par une injection trop élevée de tuberculine.

Aux sanatoria de Frimley (Angleterre) et de Hauteville (France) on a abouti à cette conclusion pratique de ne pas injecter les malades mais de leur faire faire une cure par le travail, contrôlée constamment par l'emploi du thermomètre, de façon à conduire les réactions fébriles (ou plutôt à les éviter) comme dans une cure bien faite par la tuberculine.

On aurait cet avantage que l'immunisation serait produite par des auto-toxines, résultat comparable à ceux donnés par les auto-vaccines de Wright dans les cas de staphyloscoccies.

Un autre bénéfice de cette méthode, si elle se confirme, serait de transformer complètement le sanatorium, d'en faire d'une maison de paresse et d'exception une école de travail et de persévérance pour les malades qui y sont envoyés.

Dr J. Boine.

L'ŒUVRE DE M. BRANLY

Les publications scientifiques de M. Édouard Branly sont espacées sur un intervalle de quarante années.

On peut les partager en deux groupes, au point de vue de leur objet : quelques-unes sur la chaleur rayonnante et l'optique ; la plupart sur l'électricité. Nous ne citerons que les principales.

La première publication date de 1869. Faite en collaboration avec son maître à la Sorbonne, Paul Desains, elle se rapporte à des mesures de rayonnement solaire exécutées simultanément à Lucerne et au Righi, en vue d'apprécier l'absorption exercée par la vapeur d'eau d'une colonne atmosphérique d'environ 1200 m. de hauteur.

D'autres recherches de chaleur rayonnante, commencées en 1885, eurent pour but général d'améliorer les anciennes conditions d'emploi du thermomultiplicateur de Melloni et de rendre les déterminations plus rapides et plus précises. La source de rayonnement était une lampe à gaz d'éclairage, rendue très constante par un réglage soigné de la pression du gaz. Les impulsions de l'aiguille du galvanomètre se succédaient à des intervalles de temps réduits par l'emploi d'un jeu d'écrans électriques qui limitaient exactement la durée du rayonnement, sans affaiblir notablement l'impulsion, et rendaient ainsi plus rapide le refroidissement de la pile.

Diverses expériences en cours, d'une nouveauté plus attrayante, suspendirent la poursuite de ces perfectionnements des observations de chaleur rayonnante.

Le sujet de la thèse de doctorat en médecine de M. Branly, en 1882, était le dosage de la matière colorante du sang par un spectrophotomètre à lumière polarisée. Le fait le plus nouveau de cette thèse est l'identité de la matière colorante du sang chez les différents vertébrés, fait d'une grande importance pour la philosophie naturelle.

Les recherches électriques se rapportent à deux époques distinctes, l'une de 1872 à 1875 au laboratoire d'enseignement de Physique de la Sorbonne, l'autre de 1888 à 1910 au laboratoire de Physique de l'Institut catholique de Paris.

Les expériences effectuées à la Sorbonne ont été très appréciées en leur temps et citées dans plusieurs traités importants d'Électricité ; elles ont été en grande partie réunies dans une thèse de doctorat ès sciences physiques de 1873 sous le titre : *Phénomènes électrostatiques dans les piles*. C'était le premier travail français sur les différences de potentiel dans un circuit de courant électrique. Les mesures de différences de potentiel y sont faites avec un électromètre à quadrants très simplifié, dont l'aiguille mobile était chargée avec une pile de petits éléments de Volta et dont les indications avaient été comparées à celles d'une balance de Coulomb. On y trouve, entre autres mesures, la détermination en unités absolues de la différence de potentiel aux deux pôles d'un élément de pile, la vérification de la distribution dans le circuit entier de la différence de potentiel totale aux deux pôles d'une pile ouverte et une méthode nouvelle de mesure, par des différences électrostatiques de potentiel, soit des grandes résistances, soit des forces électromotrices de polarisation.

Entre ces premières publications électriques et les suivantes se place une longue interruption. En 1876, M. Branly avait quitté la Faculté des Sciences de l'État où il remplissait les fonctions de directeur-adjoint du laboratoire d'enseignement de la Physique et avait été chargé du cours de physique générale à l'Université catholique de Paris. Le cours préparatoire à la licence, avec un seul professeur de physique, la création d'un laboratoire d'enseignement et de recherches, la formation d'un personnel auxiliaire, des études médicales, occupèrent près de dix années. Ces dix années ne furent entrecoupées que par des essais qui n'aboutirent pas immédiatement, souvent pour des raisons matérielles. A partir de 1887, les publications furent reprises activement et n'ont plus cessé depuis. Elles se trouvent en grande partie dans les COMPTES RENDUS de l'Académie des Sciences.

En 1889, M. Branly fit l'étude d'un complément du phénomène de la décharge des corps électrisés sous l'influence des rayons lumineux très réfrangibles. On n'avait observé jusque-là que la décharge de corps électrisés négativement; il fut alors établi que si la déperdition est généralement très faible pour des corps électrisés positivement, elle n'en est pas moins nette, mais elle exige d'ordinaire des rayons plus réfrangibles que la déperdition négative. Dans certains cas spéciaux reconnus par l'auteur, la déperdition positive peut même devenir supérieure à la négative.

De la déperdition par la lumière violette et ultraviolette, l'auteur passe à la déperdition par la lumière diffuse. Une déperdition négative a encore lieu, elle est même rapide avec certains métaux, tels que le zinc, le cadmium, l'aluminium fraîchement polis ; l'interposition d'un verre rouge foncé supprime toute déperdition par la lumière. Les différents métaux avaient, dans ces expériences, la forme de disques fixés à une tige

d'électroscope noyée dans du soufre qui procurait un isolement parfait. Contre la tige de l'électroscope était appliquée une feuille d'or mobile, déviée par la charge et dont l'écart décroissant était visé avec un microscope à oculaire micrométrique.

Dans l'obscurité, il y avait encore une très faible déperdition, qui était la même pour les deux électricités. Un seul métal fit exception : le bismuth, et seulement pour deux échantillons de provenance ancienne, qui offraient, indépendamment de l'état de la surface, une déperdition notablement supérieure à celle des autres métaux. C'était la première observation, trois ans avant la découverte des phénomènes de radioactivité, d'une déperdition provenant de la *nature* du corps électrisé. Malgré le caractère isolé de ce phénomène, qui ne se produisit pas avec de très nombreux échantillons de bismuth achetés à cette occasion, M. Branly en comprit l'importance et le signala spécialement dans les Comptes rendus de l'Académie. Les matériaux manquaient alors pour aller plus loin.

Après la déperdition par la lumière, vint la déperdition en présence des corps incandescents. Une forte incandescence provoque les deux déperditions sur un corps électrisé ; pour une moindre incandescence, la déperdition négative est plus accentuée que la positive. Sans énumérer tous les faits qui se sont présentés, il y a lieu d'en citer un qui contribua, dès 1892, à préparer la théorie de l'ionisation.

Une surface incandescente peut déterminer indirectement la déperdition quand on projette sur le corps électrisé, après les avoir aspirés par un courant d'air, les gaz chauds qui entourent la surface incandescente ; la déperdition a encore lieu quand on les projette refroidis par le passage à travers un long serpentin entouré d'eau. Au-dessous du rouge vif, la déperdition due aux gaz aspirés, projetés et refroidis, reste uni-

polaire comme elle l'est en présence de la surface incandescente.

Si l'on remarque que cette observation, si nette et si précise, remonte à plus de vingt ans, avant que l'idée même de l'ionisation eût été formulée, on sera frappé de la sagacité avec laquelle M. Branly, dans chaque sujet, se dirige vers des faits nouveaux avec une exactitude dont on comprendra de plus en plus tout le prix.

Ajoutons que M. Branly s'est attaché à confirmer les phénomènes précédents de déperdition par divers modes opératoires, par exemple, en reliant aux deux pôles d'une pile les armatures d'un condensateur à air. L'armature négative est le disque métallique, l'armature positive est un grillage qui laisse passer les rayons. Si l'armature négative est éclairée par un arc voltaïque, un courant électrique mesurable traverse un galvanomètre intercalé dans le circuit de la pile et du condensateur, comme si l'air interposé entre les armatures était devenu conducteur.

Pour la déperdition par un corps incandescent, une couche d'air était interposée entre une plaque de platine rendue incandescente en son milieu et une plaque métallique froide parallèle. Les deux plaques étaient réunies respectivement aux deux pôles d'une pile et un galvanomètre sensible faisait partie du circuit du condensateur et de la pile. L'air interposé laissait passer un courant lorsque le platine était porté au rouge.

Les recherches qui ont le plus contribué à répandre la réputation scientifique de M. Branly sont celles qui l'ont conduit à la découverte de corps qui jouissent d'une conductibilité intermittente et sont, à volonté, conducteurs par l'action d'une étincelle électrique à distance, puis isolants après un choc. Le prototype de ces corps, appelés radioconducteurs, est le tube à limaille qui est l'organe essentiel d'un récepteur de télégraphie

sans fil. La première communication sur cette découverte a été faite à l'Académie des Sciences le 24 novembre 1890.

Bien que l'expérience fondamentale qui fixa la propriété essentielle d'un radioconducteur soit bien connue, il n'est pas superflu d'en reproduire la description précise, empruntée au Bulletin de la Société de Physique d'avril 1891.

« On forme un circuit comprenant un élément de pile, un galvanomètre et une poudre métallique ; cette poudre est intercalée dans un tube en verre ou en ébonite entre deux tiges métalliques qui établissent la communication avec le reste du circuit. Si la limaille est suffisamment fine, le courant est complètement ou à peu près complètement arrêté, même avec un galvanomètre très sensible. On fait éclater à une certaine distance du circuit la décharge d'une bouteille de Leyde. Le galvanomètre est alors brusquement dévié et reste dévié. »

Dès le début, l'étincelle déterminait la conductibilité de la limaille jusqu'à plus de 20 mètres de distance, en ligne droite, à travers plusieurs murs. La conductibilité restait longtemps persistante. La résistance primitive était rétablie, non pas en mêlant les grains de limaille, mais par un léger choc sur le tube ou sur son support; une nouvelle étincelle déterminait une nouvelle fermeture du circuit, on l'ouvrait par un choc et ainsi de suite. Il convient de noter que l'étincelle n'est pas une étincelle quelconque, mais une étincelle de décharge de bouteille de Leyde.

M. Branly expliquait le phénomène de la conductibilité due à l'étincelle en écrivant que « les courants oscillatoires très rapides produits dans la décharge d'un condensateur donnent lieu, à distance, à des effets d'induction d'une très grande puissance; de là, des courants induits très actifs qui traversent la poudre métallique et la rendent conductrice ».

M. Branly ne s'est pas borné à observer le phénomène principal, c'est-à-dire : d'une part, l'effet de conductibilité exercé à distance par une étincelle, d'autre part, le retour à la résistance par le choc. Il a constaté la transparence des cloisons et des murs pour le rayonnement électrique et l'opacité des plaques métalliques qui ne peuvent être que contournées. Il a indiqué le rôle des antennes ou des tiges métalliques annexées, l'une, à un point de l'éclateur à étincelles, l'autre, à un point du circuit récepteur. Les antennes permettent l'action d'une étincelle qui est trop éloignée pour agir directement. Si, par exemple, en citant une expérience de 1891, un radioconducteur était enfermé avec son circuit entier à l'intérieur d'une enceinte métallique, une étincelle extérieure, même puissante, était sans action, il suffisait alors de laisser sortir de l'enceinte un fil conducteur isolé d'elle, mais en contact avec un point du circuit du radioconducteur, pour que la conductibilité se produisît brusquement par une étincelle extérieure, même faible.

Si l'on se reporte aux premières expériences de télégraphie sans fil de M. Marconi, on y retrouve les dispositifs des deux postes des expériences de M. Branly : un appareil producteur d'étincelles au poste de départ avec une tige métallique reliée à un point de l'éclateur; puis, un poste récepteur avec un circuit qui renferme un tube à limaille, un élément de pile et une tige métallique annexée à un point du circuit récepteur. La réciprocité des communications exigeant que chaque poste fût muni à la fois d'un transmetteur et d'un récepteur, une enceinte métallique, semblable à celle qui a été décrite plus haut, servait à protéger le récepteur contre les étincelles du transmetteur voisin lorsque celui-ci venait à fonctionner. Le radioconducteur était souvent peu sensible au début; on exerçait sur lui, pour l'amorcer, une première action par une petite étincelle

voisine ; cette mise en train avait été également signalée par M. Branly et appelée par lui sensibilisation par un premier effet.

En ce qui concerne ses premiers résultats, M. Marconi a d'ailleurs reconnu la part qui revenait à M. Branly, comme en témoigne la dépêche suivante qu'il lui adressa le 28 mars 1899, immédiatement après le succès de ses transmissions entre Douvres et Wimereux :

« M. Marconi envoie à M. Branly ses respectueux compliments par le télégraphe sans fil à travers la Manche, ce beau résultat étant dû en partie aux remarquables travaux de M. Branly. »

En résumé, comme on l'a entendu dire à M. Violle dans son Rapport : « dès sa première communication, aucune des circonstances importantes du phénomène n'échappe au sens aigu du physicien, prescient des modalités les plus cachées ». Si M. Branly n'a pas réalisé personnellement la télégraphie sans fil, il en avait trouvé et réuni tous les éléments, et c'est par eux que la télégraphie sans fil a été possible. La distance des deux postes augmentant, l'énergie de l'étincelle a été graduellement accrue ; de quelques mètres, les antennes de laboratoire ont fini, dans les applications industrielles, par atteindre 300 mètres.

On a dit souvent que la télégraphie sans fil est la conséquence de la propagation ondulatoire du rayonnement d'une étincelle électrique ; cette connaissance importait cependant peu à l'origine. Il n'a pas été nécessaire en effet d'être fixé sur la nature vibratoire de la lumière pour l'utiliser depuis l'origine du monde, il suffit pour cela qu'une lumière soit et que notre œil la reçoive. L'étincelle de décharge d'une bouteille de Leyde existe pour nous depuis plusieurs siècles, mais un organe sensible à son rayonnement nous manquait. Le tube à limaille a joué le rôle d'*œil électrique*. Comme

cet œil électrique consiste simplement en un petit circuit qui comprend un élément de pile, un tube à limaille et un galvanomètre, ce circuit aurait pu être formé après la découverte d'Œrsted en 1820 ; si l'on avait constaté alors, comme cela a été fait seulement par M. Branly en 1890, l'action particulière qu'exerce sur lui une étincelle électrique, la télégraphie sans fil de ligne était, dès cette époque, réalisable, elle aurait précédé la télégraphie ordinaire à fil de ligne. La télégraphie sans fil se serait appelée, comme on l'appelle d'ailleurs souvent, télégraphie par étincelles. Ce point de départ était possible, il est indépendant des théories de Maxwell et des expériences de Hertz. Au moins pour les débuts de la télégraphie sans fil, il ne fallait que l'œil électrique. Les expériences de Hertz sur la résonance électrique intervinrent toutefois d'une façon heureuse dans une seconde étape de la télégraphie sans fil, quand il s'agit d'établir un accord exclusif entre deux postes ; elles contribuent à assurer le secret des dépêches en même temps qu'elles accroissent la portée des transmissions.

Depuis les premiers essais de M. Marconi en 1895, M. Branly n'a pas cessé de poursuivre l'étude de ses révélateurs du rayonnement électrique.

Les limailles métalliques étant formées de particules conductrices alternant avec des particules isolantes, M. Branly en avait conclu qu'une conductibilité intermittente s'obtiendrait encore avec une couche isolante unique comprise entre deux surfaces conductrices et il en avait donné quelques exemples en 1891 ; il y est revenu plus tard à diverses reprises. C'est suivant cette idée qu'il décrivit, en 1902, pour l'inscription des dépêches avec le récepteur Morse, un radioconducteur plus régulier que le tube à limaille. Il consiste en un trépied à pointes d'acier poli reposant sur un disque d'acier également poli ; le contact sensible est celui des pointes sur le disque. Pour la réception au téléphone.

sans inscription, dans un circuit qui ne comprend qu'un radioconducteur, un élément de pile et un téléphone ou même simplement un radioconducteur et un téléphone, il a construit un appareil du même type que le trépied-disque, avec des pointes en tellurures d'or, argent ou mercure qui s'appuient sur un cylindre d'argent poli. Dans ce dernier cas, le choc est superflu, car le radioconducteur reprend sa résistance après chaque étincelle.

Parmi les nombreuses variétés de radioconducteurs que M. Branly fit connaître, il en est une qui s'écarte des types précédents. C'est une colonne de disques métalliques superposés, appartenant à des métaux spéciaux, tels que le fer, le plomb, l'aluminium ; les colonnes sont formées de disques d'un de ces métaux ou de disques de métaux différents. Le zinc, le cuivre, l'argent donnent des colonnes trop conductrices dont la résistance ne varie ni par l'étincelle ni par le choc.

Citons une expérience. On forme une colonne de disques d'aluminium qu'on intercale dans le circuit d'une pile avec un galvanomètre. Par un réglage analogue à celui d'un tube à limaille, en variant le nombre des disques, la force électromotrice de la pile et la pression, on s'attache à obtenir une légère conductibilité de la colonne. Le galvanomètre est alors dévié quand on fait éclater à distance une étincelle de décharge d'un condensateur ; il y a ensuite retour par un choc, déviation par une nouvelle étincelle et ainsi de suite. La même colonne se prête, dans certaines conditions de réglage, à une réception au téléphone. Avec des disques polis, le nombre des disques d'une colonne peut être réduit, car le poli exagère la résistance de contact.

Dans les radioconducteurs à contacts imparfaits par interposition d'air, qui forment une classe à part dans l'ensemble des radioconducteurs à isolants de toutes

natures que M. Branly a étudiés, il était probable qu'on devait attribuer un rôle au gaz interposé entre deux surfaces conductrices. Pour s'en rendre compte, M. Branly a formé récemment des radioconducteurs à intervalle gazeux, d'épaisseur extrêmement réduite et cependant observable, formés de deux disques métalliques séparés par du papier très mince percé de trous et appliqués l'un contre l'autre par pression. Ces systèmes sont utilisables dans la réception au téléphone ; M. Branly les a présentés en 1910 à la Société française d'Encouragement pour l'Industrie nationale.

La télégraphie sans fil n'est pas la seule application possible de la conductibilité intermittente des radioconducteurs. La déviation d'un galvanomètre pour la vue d'un signal ou l'attraction du contact d'un électroaimant pour l'inscription d'une dépêche ne peuvent pas être des effets privilégiés et tout autre effet du courant est susceptible d'être déterminé à distance, à un instant donné, par le jeu d'une étincelle agissant sur un radioconducteur. Par l'intermédiaire d'électroaimants, les effets commandés peuvent être quelconques. La production de ces effets, constatée dès 1891 par M. Branly, constitue ce qu'il a appelé la *télémécanique sans fil*.

Le retard apporté à l'expansion de la télémécanique sans fil est lié surtout à des nécessités de sécurité qui prennent ici une importance exceptionnelle, à propos de certains effets dont l'explosion d'une mine est un exemple. Si donc l'intervention d'étincelles étrangères est parfois peu grave à propos de transmissions de signaux, elle risque de devenir extrêmement périlleuse, même quand il ne s'agit que d'étincelles perturbatrices d'une durée momentanée. L'accord électrique ou syntonisation de deux circuits n'est pas encore obtenu d'une façon suffisamment rigoureuse pour assurer une communication exclusive entre deux postes. En sup-

posant que cet accord soit rigoureux et que des commandes spéciales sans fil, lancées du poste de départ, permettent en outre de faire varier fréquemment la longueur d'onde d'accord au poste récepteur, en même temps qu'on la fait varier au poste transmetteur, on a encore à redouter le passage imprévu d'étincelles ayant accidentellement la période d'accord des deux postes en correspondance.

Pour mettre à l'abri de toute incertitude, M. Branly s'est proposé d'établir, contre les étincelles accidentelles, des dispositifs de protection basés sur un accord mécanique, indépendant de l'accord électrique. Il a construit dans ce but, de 1905 à 1910, avec les seules ressources de son laboratoire, une série d'appareils de sécurité.

Le fonctionnement de ces appareils repose sur la distinction des deux circuits qu'une commande par étincelles met en jeu au poste récepteur. Le premier circuit, sensible directement à l'étincelle, comprend le radioconducteur, une faible pile et la bobine mobile d'un relais ; le second circuit, qui est le circuit de travail, effectue l'opération commandée au moment où le contact du relais ferme une pile locale. On fait en sorte que la fermeture du circuit de travail n'ait lieu qu'en temps opportun ; de cette manière, une conductibilité intempestive du radioconducteur pourra dévier la bobine du relais, mais elle ne sera pas suivie d'effet puisqu'elle trouve le circuit de travail ouvert.

Dans les appareils de protection de M. Branly, la production d'un effet commandé par étincelles exige qu'il y ait au poste de départ éclatement de deux flux d'étincelles séparés par une interruption qui est nécessaire comme les flux. Les durées, les positions des flux et de l'interruption peuvent être modifiées.

Enfin la réalisation de l'effet commandé est annoncée au poste de commande par des étincelles convention-

nelles qui partent d'elles-mêmes du poste d'exécution, où il peut n'y avoir personne.

Les appareils de syntonisation mécanique, indépendants de la syntonisation électrique, n'ont pas pour but de rendre celle-ci superflue, ils mettent à l'abri de perturbations contre lesquelles la syntonisation électrique n'exerce pas une protection suffisante.

Il n'est pas douteux que le jour où les circonstances rendront indispensables des opérations de télémécanique sans fil, les travaux de M. Branly fourniront des méthodes et des dispositifs précieux.

Tout l'ensemble de ces recherches poursuivies depuis quarante ans avec une persévérance et une ténacité remarquables justifient les hautes distinctions décernées récemment à M. Branly.

Le 15 décembre 1910, l'Académie royale de Belgique l'a élu son associé, en même temps que M. Emile Picard, l'illustre géomètre français, et le savant physiologiste américain Loeb. A la fin de l'année 1910 également, la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, l'une des plus anciennes et des plus puissantes des sociétés scientifiques, lui a décerné le prix le plus important dont elle peut disposer. Enfin, le 23 janvier 1911, l'Académie des Sciences de Paris l'a élu membre de la Section de Physique.

Cette dernière élection n'a eu lieu qu'après une lutte qui est toujours restée courtoise, mais a paru extrêmement vive. Le succès de M. Branly a été d'autant plus remarqué que ses adversaires lui opposaient une concurrente de très haute valeur. La lutte avait, par sa vivacité même, passionné l'opinion publique qui a d'ailleurs rendu pleine justice au jugement de l'Académie des Sciences.

Comme le disait déjà Joseph Bertrand en 1898 « les expériences qui ont fondé la télégraphie sans fil

assurent à leur auteur dans l'histoire de l'électricité une place que rien ne saurait lui enlever ».

De son côté, M. d'Arsonval, rappelant le lendemain de l'élection les principales découvertes de M. Branly, s'exprimait en ces termes : « La télégraphie sans fil a déjà sauvé sur mer de nombreuses vies humaines. Elle donne aux navigateurs une sécurité inconnue jusqu'à ce jour. N'eût-elle que ce seul résultat, le nom de M. Branly devrait figurer parmi ceux des bienfaiteurs de l'humanité. »

La Revue des Questions scientifiques est heureuse de voir se confirmer l'importance que l'enseignement supérieur libre a prise en France, par ses recherches scientifiques, depuis sa fondation en 1875. C'est des universités catholiques de Lyon, de Paris, de Lille que sont sorties les publications de MM. Amagat, Branly, de Lapparent, Witz, pour ne nommer que les professeurs admis dans les rangs de l'Institut de France ; ils comptent parmi les membres les plus fidèles de la Société scientifique de Bruxelles.

La Rédaction.

Liste des principales publications de M. Éd. Branly par ordre chronologique

Recherches sur le Rayonnement solaire (en commun avec M. P. Desains). C. R. Ac. des Sc., 29 novembre 1869.

Mesure de la polarisation dans l'élément voltaïque. C. R. Ac. des Sc., 19 février 1872.

Mesure de l'intensité des courants au moyen de l'électromètre. C. R. Ac. des Sc., 12 août 1872.

Étude des phénomènes électrostatiques dans les piles. Ann. Éc. Norm. sup., 2e série, t. II, 1873, p. 211.

Évaluation, en unités mécaniques, de la quantité d'électricité que produit un élément de pile. C. R. Ac. des Sc., 15 décembre 1873.

Dosage de l'hémoglobine dans le sang par les procédés optiques. Ann. Ch. et Phys., 1882.

Sur l'emploi du gaz d'éclairage comme source constante dans les expériences de rayonnement. C. R. Ac. des Sc., 21 mars 1887.

Nouveau mode d'emploi du thermomultiplicateur. C. R. Ac. des Sc., 12 avril 1887.

Déperdition des deux électricités dans l'éclairement par des radiations très réfrangibles. C. R. Ac. des Sc., 8 avril 1890.

Courants photo-électriques entre les deux plateaux d'un condensateur. C. R. Ac. des Sc., 28 avril 1890.

Variations de conductibilité sous différentes influences électriques. C. R. Ac. des Sc., 24 novembre 1890.

Variations de conductibilité des substances isolantes. C. R. Ac. des Sc , 12 janvier 1891.

Variations de conductibilité sous différentes influences électriques. Soc. fr. Phys., 17 avril 1891 ; Bull., p. 131 et 135 ; Bull. Soc. intern. Élect., mai 1891 ; Journ. Lum. élect., t. XL, pp. 301-309, 506-511. Compte Rendu du Congrès Scientifique international des catholiques, tenu à Paris, du 1er au 6 avril 1891, pp. 116-134.

Déperdition des deux électricités par des radiations très réfrangibles. C. R. Ac. des Sc., 11 janvier 1892.

Nouvelle conductibilité unipolaire des gaz. C. R. Ac. des Sc., 4 avril 1892.

Sur la conductibilité d'un gaz compris entre un métal froid et un corps incandescent. C. R. Ac. des Sc., 27 juin 1892.

Sur la conductibilité électrique des gaz. Soc. fr. Phys., 20 mai 1892 ; Bull., p. 212 et 215.

Conductibilité électrique des isolants. Journ. Phys., 3e série, t. I, novembre 1892.

Sur la déperdition de l'électricité à la lumière diffuse et à l'obscurité. C. R. Ac. des Sc., 10 avril 1893.

Sur la déperdition de l'électricité à la lumière du jour. Journ. Phys., juillet 1893.

Sur la conductibilité des substances isolantes discontinues. C. R. Ac. des Sc., 12 février 1894.

Déperdition électrique par l'illumination des corps médiocrement conducteurs. C. R. Ac. des Sc., 16 avril 1895.

Résistance électrique au contact de deux métaux. C. R. Ac. des Sc., 22 avril 1895.

Emploi des tubes à limaille dans l'étude des interférences électriques. Journ. Phys., 3e série, t. IV, juin 1895.

Résistance des lames métalliques minces. C. R. Ac. des Sc., 3 février 1896.

Résistance électrique au contact de deux métaux. Bull. Soc. intern. Élect., 1 avril 1896, t. XIII, pp. 124-139.

Sur la propriété de décharger les corps électrisés, produite dans les gaz par les corps incandescents et par les étincelles électriques. C. R. Ac. des Sc., 26 octobre 1896.

Sur la conductibilité électrique des substances discontinues, à propos de la télégraphie sans fil. C. R. Ac. des Sc., 6 décembre 1897.

Conductibilité des radioconducteurs ou conductibilité électrique discontinue. Assimilation à la conductibilité nerveuse. C. R. Ac. des Sc., 27 décembre 1897.

Remarques sur l'historique de la télégraphie sans fil. Bull. Soc. intern. Élect., 2 février 1898.

Assimilation de la conductibilité nerveuse à la conductibilité électrique discontinue. Arch. Élect. méd., 15 février 1898.

Conductibilité électrique des radioconducteurs. Revue des Quest. Sc., 2e série, t. XIII, avril 1898.

Une enveloppe métallique ne se laisse pas traverser par les radiations hertziennes. C. R. Ac. des Sc., 4 juillet 1898.

Télégraphie sans fil et collisions en mer. C. R. Ac. des Sc., 18 juillet 1898.

Résistance électrique au contact de deux disques d'un même métal. C. R. Ac. des Sc., 25 juillet 1898.

Radioconducteurs à limailles d'or et de platine. C. R. Ac. des Sc., 26 décembre 1898.

Résistance électrique au contact de deux disques d'un même métal. Journ. Phys., janvier 1899.

Une enveloppe métallique ne se laisse pas traverser par les radiations hertziennes. Journ. Phys., janvier 1899.

Sur l'absorption des ondes hertziennes par des corps non métalliques (en commun avec M. Gustave Le Bon). C. R. Ac. des Sc., 4 avril 1899.

Radioconducteurs à billes métalliques. C. R. Ac. des Sc., 1 mai 1899.

Absorption des radiations hertziennes par les liquides. C. R. Ac. des Sc., 30 octobre 1899.

Accroissements de résistance des radioconducteurs, C. R. Ac. des Sc., 17 avril 1900.

Rapport sur les radioconducteurs, présenté au Congrès International de Physique en 1900. Rapp. Cong. intern. Phys., t. II, p. 325.

Sur l'électrolyse des tissus animaux. C. R. Ac. des Sc., 3 juin 1901.

Réclamation de priorité, à propos du tube à limaille. C. R. Ac. des Sc., 13 janvier 1902; Revue de l'Inst. cath. de Paris, mars-avril 1902.

Radioconducteurs à contact unique. C. R. Ac. des Sc., 10 février 1902.

Récepteur de télégraphie sans fil. C. R. Ac. des Sc., 10 février 1902.

Distribution et contrôle d'actions produites à distance par des ondes électriques. C. R. Ac. des Sc., 20 mars 1905.

Appareil de télémécanique sans fil de ligne. C. R. Ac. des Sc., 26 juin 1905.

Appareil de sécurité contre les étincelles accidentelles, C. R. Ac. des Sc., 22 octobre 1906.

Établissement, entre un poste transmetteur et un des postes récepteurs, d'une installation de télémécanique sans fil, d'une correspondance exclusive, indépendante de la syntonisation. C. R. Ac. des Sc., 5 novembre 1906.

Accroissements de sensibilité des révélateurs électrolytiques sous diverses influences. C. R. Ac. des Sc., 9 mars 1908.

Radioconducteurs à pointes de tellure et tellurures sur acier poli. C. R. Ac. des Sc., 13 juillet 1908 et 3 août 1908.

Appareil de sécurité contre des étincelles perturbatrices ininterrompues en télémécanique sans fil. C. R. Ac. des Sc., 20 juillet 1908.

Les radioconducteurs et leurs applications à la télégraphie et à la télémécanique sans fil. Soc. Encour. Ind. nat., 13 mai 1910; Bull., juillet 1910.

Notice sur les travaux scientifiques de M. Édouard Branly, 1908-1910.

Cours élémentaire de physique, 6e édition, 1908.

Traité élémentaire de physique, 3e édition, 1906.

LES

Indices des progrès économiques

DE LA BELGIQUE

de 1880 à 1908 (1)

I

BUT ET UTILITÉ DES RECHERCHES SÉMIOLOGIQUES

Le progrès économique des nations modernes se traduit par une ascension parfois lente, parfois rapide, vers un degré supérieur de richesse. Cette marche en avant n'a rien de fatal, ni de régulier ; elle se trouve interrompue, à certains moments, par des régressions ou des périodes de ralentissement qui sont les *crises*. Ces dépressions économiques sont fort importantes à connaître et à mesurer, car elles affectent, dans leurs manifestations diverses, des classes nombreuses de la société : les industriels, les commerçants, les financiers, les rentiers et les capitalistes, les ouvriers, les gouvernements eux-mêmes, souffrent en temps de crise. Pré-

(1) Ce travail a paru en anglais dans le N° de février du JOURNAL OF THE ROYAL STATISTICAL SOCIETY, Londres 1911, sous le titre : *The economic progress of Belgium from 1880 to 1908*. Il avait été lu et discuté à la séance tenue le 17 janvier dernier par la Société Royale de Statistique de Londres et la veille à la Société belge d'Économie sociale.

voir, autant que possible, les crises, en mesurer la durée et l'intensité, est donc chose d'une importance exceptionnelle pour nos sociétés contemporaines.

D'autre part, mesurer avec quelque exactitude l'augmentation de la richesse publique semble l'une des fins les plus désirables de la science économique. Par ce moyen se trouveraient tranchées quelques-unes des controverses qui agitent les sphères économiques et politiques.

L'ensemble des méthodes propres à atteindre ces résultats a été nommé en statistique, *sémiotique* ou *sémiologie*, du grec Σημεῖον (indice, symptôme). La sémiologie économique à base statistique, comme l'appelle le professeur R. Benini, est la méthode qui, par l'étude des indices économiques, mesure les variations de la prospérité d'une nation.

Neumann-Spallart, dans la communication qu'il adressa à l'Institut International de Statistique, en 1887, résume avec clarté la portée et la signification de semblables recherches quand il écrit :

« On parle souvent de l'amélioration de la situation générale d'un peuple dans une série d'années ou, au contraire, de son déclin dans un autre temps, sans pouvoir se rendre compte de la réalité d'un tel changement, ainsi que de son degré. On dit que tel ou tel pays, à telle ou telle époque, marche à pas de géant, que sa fortune augmente, que le bien-être public, la vie sociale et la moralité de ses habitants font des progrès. Et pour un autre pays, ou pour une autre époque, c'est un ralentissement qu'on constate à tous ces points de vue, une stagnation complète ou même une marche rétrograde. On parle de toutes ces choses d'une manière générale, comme on parle du climat ou du temps qu'il fait, sans déterminer la valeur d'une impression qui reste plus ou moins vague. Afin de mieux définir le climat ou le temps, on utilise l'expression numérique

d'éléments tels que la pression barométrique, la température, l'humidité atmosphérique, la force des courants d'air, etc. ; on a fixé un terme commun servant de point de départ de toute mesure et on a formé ainsi des moyennes diverses qui sont des qualifications tout à fait précises du temps ou du climat.

» Si l'on veut juger de l'état social ou économique d'après l'observation des faits, il sera également nécessaire de rechercher d'abord quels sont les indices qui peuvent servir de mesure aux éléments dont la totalisation représente l'état économique, social et moral dont il s'agit. Pour une recherche de cette nature, il faudra évidemment choisir seulement les faits qui, étant en relation directe avec la vie économique et sociale, peuvent être acceptés comme symptômes sûrs de ses variations, puis il faudra se borner aux faits déjà enregistrés par la statistique officielle depuis une série d'années (1). »

Le Professeur Adolphe Wagner trace, avec toute la vigueur de son autorité, le même programme de recherches dans ses *Fondements*, livre III, ch. V, quand il écrit, précisant encore les vues de Neumann-Spallart : « Le bien-être d'un peuple, considéré en lui-même et en comparaison avec celui d'une époque antérieure et d'autres peuples, peut être établi par bien des caractéristiques qui se trouvent dans des faits déterminés de la vie publique et de l'économie nationale. Ces faits doivent être observés, recueillis, éprouvés et systématiquement élaborés dans ce but. On obtient ce résultat tant par l'histoire — surtout l'histoire économique et de la civilisation des peuples — que par l'observation systématique, par la statistique de l'état économique et social de la population. La statistique livre les faits en question à la science des-

(1) Neumann-Spallart, *Mesure des variations de l'état économique et social des peuples* (BULL. INST. INT. DE STATISTIQUE, 1887, p. 151).

criptive de la politique. Ce dernier moyen permet, somme toute, de tirer des conclusions plus complètes et plus précises.

» Pour pouvoir être adaptés au but, ces faits doivent remplir certaines conditions. Il faut les choisir de telle sorte qu'on puisse conclure de ces faits non seulement au montant du revenu national et du patrimoine national, mais aussi à sa répartition, aux sortes de biens ou à la quantité de valeurs d'usage en laquelle ils consistent et surtout à la participation du peuple, des classes inférieures, à la consommation des biens, et à l'emploi que les classes plus riches font de leurs revenus et de leur patrimoine. »

Tel est le programme général de recherches esquissé par les théoriciens. On peut y ajouter les judicieuses réflexions du professeur R. Benini, dans l'article qu'il a fait paraître récemment (octobre 1909), dans le Giornale degli Economisti ainsi que des indications de quelques traités, mais nous ne pouvons allonger ce préambule au delà des limites raisonnables.

Les recherches pratiques sur cette matière délicate sont assez rares. Nous ne pouvons mentionner que celles de Neumann-Spallart, citées plus haut, celles de de Foville, parues dans le Journal de la Société de Statistique de Paris, et celles que Benini a publiées en 1892 sur la *Sémiologie de l'Italie*, dans le Giornale degli Economisti, et une note du même sur la province de Bari.

A ces travaux nous avons voulu ajouter une nouvelle contribution en faisant les recherches suivantes, qui portent sur la Belgique, et qui embrassent une période de vingt-neuf années, de 1880 à 1908 inclusivement. Puissions-nous n'avoir pas poursuivi un projet trop ambitieux !

La Belgique n'a fait jusqu'à présent l'objet d'aucune recherche d'ensemble de ce genre. Il est incontestable

que le développement économique de ce pays, depuis quelque quinze ans surtout, a été très considérable. Des discours officiels — certains d'entr'eux émanés de la plus haute autorité de la Nation — y ont fait de fréquentes allusions : de nombreux écrits ont été produits dans le but de montrer cette prospérité en attirant l'attention sur l'un ou l'autre côté saillant : le mouvement des échanges internationaux, l'accroissement du nombre des ouvriers, l'augmentation des dépôts dans les Caisses d'épargne. Mais aucune vue d'ensemble n'a été émise, aucune méthode proposée pour mesurer cette prospérité. Le travail que nous présentons ici s'efforce de faire disparaître cette lacune ; il ne le fera sans doute qu'imparfaitement, mais la longueur du temps considéré et le nombre d'indices consultés donnent, pensons-nous, à ces recherches quelqu'intérêt.

II

INDICE TOTALISATEUR ET INDICE UNIQUE

Peut-on espérer trouver un indice d'une nature telle que de ses variations en bien ou en mal, progressives ou régressives, on puisse conclure à des modifications analogues, qualitatives et quantitatives, dans le corps social considéré dans son ensemble ? L'indice choisi opère à la façon d'un baromètre, prenant une direction ascensionnelle durant les périodes de prospérité, marquant au contraire une tendance régressive en temps de crise.

Certains auteurs ont cru pouvoir tirer des conclusions précises de l'observation d'un indice unique : au premier rang il convient de citer le Docteur Juglar, dont le livre sur les crises est devenu classique et dont la théorie fut reprise et développée par de nombreux auteurs.

Cauwès, dans son *Traité d'économie politique*, résume si parfaitement la doctrine de Juglar qu'il n'y a rien de mieux à faire que de reproduire son analyse :

« M. Juglar, dit-il, partait de ce principe que les crises industrielles ont un contre-coup immédiat sur le marché financier. Pendant la période ascendante du crédit, on peut constater simultanément la hausse des prix et celle du taux de l'intérêt ; par contre, la diminution de l'encaisse des banques et le relèvement du taux de l'escompte. Les signes précurseurs de la crise sont, sous l'action de fortes importations, un change contraire, la diminution rapide de l'encaisse métallique. Lorsque la crise s'accentue, le portefeuille de la banque est plein, les dépôts sont retirés ; ce qui reste de l'encaisse est protégé par un taux d'escompte exorbitant, qui va jusqu'à dix pour cent ; c'est le grand moyen préventif des crises, mais il n'a pas toujours la vertu de les conjurer. Les faillites se multiplient ; c'est le moment de la liquidation. Après cette période aiguë, les réserves métalliques et les dépôts se reforment, le taux de l'intérêt faiblit, le portefeuille de la banque se vide et, en même temps, l'émission des billets est réduite. Tant que dure la période de stagnation, qui suit la liquidation, les échanges extérieurs, spécialement les importations, se restreignent autant que les circonstances le permettent. »

Telle est, résumée dans ses grandes lignes, la théorie de Juglar, d'après laquelle l'étude du portefeuille et de l'encaisse métallique doit fournir l'indice économique général cherché.

Un autre exemple de l'indice unique est celui fourni par les fluctuations du nombre de mariages. Le Docteur W. Farr considérait les données relatives au mariage comme un vrai baromètre de la prospérité publique. L'état de paix ou de guerre, le prix élevé ou avantageux de la vie animale, la demande de bras et

le développement de l'industrie sont autant de circonstances qui influent sur le coefficient de nuptialité (1). Les inductions du démographe anglais restent, dans l'ensemble, encore vraies aujourd'hui (2).

Enfin, les modifications dans la valeur du commerce extérieur ont aussi servi à mesurer le progrès ou le ralentissement de prospérité des nations. M. Stephen Bourne a notamment construit un *Index-Numbers*, dans lequel la valeur des produits importés des colonies et de l'étranger, les réexportations de ces mêmes produits, les marchandises d'origine britannique exportées, sont tour à tour considérées entre les années 1878 et 1888, l'année 1883 étant prise comme base de comparaison (3).

Le premier président de l'Institut International de Statistique, Sir Rawson-Rawson, avait aussi proposé une méthode originale et rapide permettant d'apprécier les fluctuations du pouvoir d'acquisition de l'étalon monétaire (4); nous ne nous attarderons pas à l'exposé de méthodes bien connues.

Le Professeur Pantaleoni a discuté avec détail la valeur de l'indice unique considéré comme mesure du progrès économique et social d'une nation (5); il a montré comment les indications qu'on en retirait pouvaient être insuffisantes et même trompeuses. Il est clair que le progrès d'une nation dépend d'une quantité de facteurs et ne peut, dès lors, se mesurer dans une

(1) William Farr. *Vital statistics*. Memorial volume. London 1885, p. 69 (*Marriages and Prosperity*).

(2) Les variations du taux de la nuptialité d'après la situation économique viennent d'être étudiées par M. Henry Buntle dans le JOURNAL DE LA SOCIÉTÉ DE STATISTIQUE DE PARIS, mars 1911.

(3) *Report of the British Association for the advancement of science*, p. 696. London 1890. Voyez aussi le mémoire de Bourne, STAT. SOC. JOURNAL, 1889, p. 399.

(4) Cfr. le rapport de M. Edgeworth, *loc. cit.*, p. 133, qui contient une analyse remarquable des différentes méthodes.

(5) Pantaleoni. *Osservazione sulla semiologia economica* (Scritti varii di Economia).

direction unique. Adoptant en ce qui nous concerne les vues de Pantaleoni, nous avons appliqué le système de l'Indice totalisateur dans lequel un grand nombre de données se trouvent considérées, ces données se résolvant en une expression numérique finale dont les variations constituent les degrés de l'*Index-Numbers* à construire.

III

CONSTRUCTION DE L'INDICE TOTALISATEUR

Une situation donnée est d'autant mieux caractérisée que les traits sous lesquels on la décrit sont nombreux et mieux choisis. Cette simple constatation s'applique à tous les phénomènes, mais plus spécialement aux phénomènes économiques et sociaux, dont la complexité est bien connue, et qui, pour être examinés avec fruit, doivent être envisagés sous des aspects nombreux et divers. Telle est la première raison pour laquelle les données qui composent l'Indice totalisateur doivent être accumulées en plus grand nombre possible.

La seconde raison est tout aussi essentielle : c'est que, plus les indices particuliers seront nombreux, moins importante sera l'erreur finale résultant d'un vice du relevé. L'indice final est obtenu par la méthode qui sert à trouver la moyenne arithmétique simple : en conséquence, si l'un des termes est affecté d'une erreur quelconque, l'importance de cette erreur est de 1/20 s'il y a vingt indices particuliers, alors qu'elle ne serait que de 1/40 si les indices étaient au nombre de quarante.

Mais les exigences théoriques se trouvent étroitement limitées par les possibilités pratiques. Dans presqu'aucun pays la statistique officielle ne livre à l'observateur des matériaux aussi abondants et aussi sûrs

qu'il le souhaiterait. Des lacunes déplorables sont constatées; des modifications de méthode rendent les résultats non comparables entre eux; quand on veut envisager une série un peu étendue d'années, des erreurs évidentes vicient certains relevés. Tous ceux qui ont étudié au point de vue pratique la méthode sémiologique, sont d'accord pour proclamer que si la sémiologie peut espérer arriver aux résultats vraiment féconds qu'on entrevoit, ce n'est qu'à la condition que les statistiques officielles s'améliorent sous le rapport de l'exactitude, de la rigueur scientifique, et qu'elles couvrent un champ d'observation plus vaste qu'aujourd'hui.

La Belgique, pas plus qu'aucun autre pays, ne peut se flatter de posséder un matériel statistique suffisamment complet et bien ordonné. Des lacunes énormes existent, notamment dans la statistique industrielle, où la statistique de la production est à peine ébauchée ; des parties essentielles de la statistique financière reposent sur un système législatif suranné, qui se trouve en contradiction flagrante avec les faits économiques actuels ; il n'est pas jusqu'à la circulation monétaire elle-même qui ne nous réserve de fâcheuses surprises et force le statisticien à abandonner des indices qui, dans des conditions plus satisfaisantes, seraient hautement instructifs à interroger. Ajoutons que l'organisation de la statistique officielle, avec la décentralisation entre les différents départements ministériels qui la caractérise dans ce pays, ajoute encore à l'insécurité des données et à la difficulté de grouper celles-ci en une masse homogène.

Est-ce à dire, toutefois, qu'il faille se confiner dans l'abstention, ni tenter aucune réalisation concrète ? Nous ne le pensons pas ; cet essai en fait foi. Mais la prudence la plus grande est de mise dans ce domaine plus qu'en tout autre.

L'indice totalisateur que nous avons calculé est établi sur quarante-trois indices spéciaux, répartis en quatre groupes ; ce sont les suivants :

I. *Indices démographiques et moraux* (9 indices) : Natalité légitime ; natalité illégitime ; décès ; suicides ; mariages ; reconnaissance d'enfants naturels dans l'acte de mariage ; nombre de condamnations pour crimes correctionnalisés ; nombre de condamnés par les tribunaux correctionnels pour délits prévus par le Code pénal ; nombre des aliénés.

II. *Indices relatifs à la production industrielle* (7 indices) : Quantité de houille extraite ; valeur de la production des carrières ; du fer et de la fonte ; de l'acier ; du zinc, du plomb et de l'argent ; nombre de moteurs à vapeur ; force H. P. des moteurs à vapeur utilisés dans l'industrie.

III. *Indices relatifs aux échanges* (15 indices) : Valeur des importations (commerce spécial) ; valeur des exportations (commerce spécial) ; tonnage net des navires entrés ; tonnage kilométrique des transports par voies navigables (charbon et coke seulement) ; chemins de fer (nombre de voyageurs) ; chemins de fer (quantités de marchandises) ; chemins de fer (montant des recettes) ; circulation postale (montant des recettes) ; nombre de télégrammes de bourse et d'affaires ; montant des effets escomptés à la Banque Nationale ; montant des effets de commerce perçus par la poste ; recettes provenant des taxes perçues sur les mandats-poste ; taux moyen de l'escompte ; faillites ; index-numbers des produits agricoles.

IV. *Indices relatifs aux consommations et aux revenus* (12 indices) : Consommation de la bière ; vins importés et mis en consommation ; consommation du tabac ; salaire moyen de l'ouvrier mineur ; monts de piété ; droits de succession et de mutation ; patentes sur les sociétés anonymes ; autres patentes ; valeur

cadastrale sur les propriétés bâties ; montant des dépôts de moins de 3000 francs à la caisse d'épargne ; nombre de livrets de particuliers à la caisse d'épargne ; cours moyen du 3 % belge.

Nous montrerons dans la seconde partie de ce travail pourquoi la fusion des indices moraux et économiques en un indice final unique est légitime et nécessaire.

Ces 13 indices représentent à peu près tout ce qu'on peut utiliser en Belgique dans ce genre de recherches si l'on envisage une période suffisamment étendue. Certaines omissions cependant pourraient surprendre, si l'on ne connaissait les raisons qui les expliquent ; nous ne dirons quelques mots que des principales.

Les *divorces* n'ont pas été envisagés au nombre des indices moraux parce que leur signification est indécise.

La *production du verre* n'a pas été publiée pour la série complète d'années que nous envisageons. Cependant, de longues et laborieuses recherches ont permis à un ingénieur distingué, M. Ad. Cuttier, de rassembler le matériel statistique, et il a bien voulu nous le communiquer. Malheureusement, cette industrie a été troublée par des grèves longues et étendues, en même temps que les conditions de la vente se trouvaient influencées par des ententes entre producteurs, de telle sorte que nous ne pensons pas que cet indice réunisse les conditions générales exigées par l'index totalisateur.

Le *tonnage kilométrique* sur les voies navigables est donné pour le charbon et le coke seulement ; ce n'est, en effet, que depuis 1888 que la navigation par navires de mer a été complètement distraite de la navigation par bateaux d'intérieur. Le charbon et le coke échappent seuls à cette cause d'erreur, les quantités importées par mer, surtout de 1880 à 1888, étant négligeables.

La *consommation du sucre* n'a pu être prise en considération à raison des changements importants apportés à la législation fiscale. La diminution des prix

qui en a été la conséquence a augmenté la consommation, sans que l'accroissement de celle-ci puisse être considéré comme un indice de bien-être croissant.

Il en est à peu près de même du *café ;* de plus, depuis l'abolition récente des droits sur les cafés verts, d'importantes quantités sont déclarées en consommation au lieu d'être portées au transit.

La signification du mouvement d'*émigration* est contestée par certains qui n'y voient pas, au contraire, l'indice d'une situation peu favorable (1). En plus, il y a lieu de tenir compte, pour la Belgique, de l'organisation de véritables offices d'émigration qui fonctionnèrent, pour le compte de certains gouvernements étrangers, dans ce pays, mais d'une manière intermittente.

Nous n'avons pas pu tenir compte du *mouvement de l'encaisse* de la Banque Nationale, à cause de la situation particulière de notre marché monétaire.

Enfin, un assez grand nombre d'indices n'ont pu être utilisés, soit parce qu'ils ne sont pas observés depuis assez longtemps (exemple : les grèves), soit parce que des changements dans la législation ont modifié la signification que leurs variations pouvaient présenter.

IV

SIGNIFICATION POSITIVE OU NÉGATIVE DES INDICES

Entre les quarante-trois indices interrogés, on remarque des différences essentielles. Pour les uns, toute augmentation peut être considérée comme favorable ; pour les autres, tout accroissement a une signification néfaste. Il en résulte que le mécanisme du

(1) Voyez la discussion à l'*Institut International de Statistique* après la communication de Neumann-Spallart.

traitement statistique ne peut être pour les uns ce qu'il est pour les autres. On sait que l'Indice totalisateur est une application de la méthode des *Index-Numbers*, dans laquelle les chiffres d'une certaine année, considérée comme base, sont pris comme l'unité, tandis que tous les autres chiffres sont comparés à cette unité. De même que dans les *Index-Numbers* des prix, les indices transformés en valeurs pourcentuelles se fondent, par addition, en un total; mais on ne peut additionner ensemble des quantités négatives et positives, et c'est ce qui arriverait cependant si l'on comptait, par exemple, toutes les augmentations quelconques des phénomènes envisagés en les exprimant par des pourcentages supérieurs à l'unité. Il est donc nécessaire de diminuer les indices néfastes, dans leur expression en pourcentages, d'autant de degrés qu'ils en présentent au-dessus de 100 ou, inversement, de les augmenter d'autant de pour cent qu'ils présentent de degrés en dessous de 100.

Soit l'exemple suivant, dont nous empruntons les chiffres à nos tableaux, tout en l'établissant sur la même base que l'exemple analogue donné par Benini, la comparaison pouvant présenter certain intérêt (1).

		1881	1882	1883	1884	1885	1886	1887	1888	1889	1890
NUPTIALITÉ	Chiffres calculés	207	203	204	*198*	199	196	208	206	210	215
	variations pourcentuelles	104.5	102.5	103	*100*	100.5	99	105	104	106.1	108.5
FAILLITES	Chiffres calculés	111.2	112.8	128.6	*133.3*	120.4	127.8	129.1	136.1	128.9	121.2
	Variations pourcentuelles	*a)* 83.4	86.4	96.5	*100*	91.3	95.8	96.8	102.1	96.7	90.9
		b) 116.6	113.6	103.5		108.7	104.2	103.2	97.9	103.3	109.1

a) calculées ; *b)* ajustées.

(1) Cfr Benini dans son article du GIORNALE DEGLI ECONOMISTI, février 1892.

Les chiffres (pourcentages) destinés à figurer dans l'*Index-Numbers* augmentent dans la proportion des nombres absolus calculés, lorsque ceux-ci ont une signification favorable; ils augmentent ou diminuent en proportion inverse, lorsque le phénomène a une signification néfaste, de manière à pouvoir figurer dans le résultat final de l'indice totalisateur.

Dans la liste des indices servant de base à nos calculs, sont considérés comme pathologiques et soumis à l'inversion les indices suivants : naissances illégitimes, décès, suicides, condamnations pour crimes et pour crimes correctionnalisés, condamnations par les tribunaux correctionnels du chef de délits prévus par le Code pénal, nombre des aliénés, faillites, monts-de-piété, soit 8 indices pathologiques contre 35 eulogiques ou physiologiques.

Les calculs de pourcentage sont établis sur les chiffres comparés et ensuite, en ce qui concerne les indices pathologiques, transformés en une proportion inverse.

La méthode devient insuffisante lorsque la progression de l'indice pathologique est infinie, car dans ce cas les valeurs exprimées en pour cent deviennent négatives. M. Udny Yule (1) a signalé que la méthode des « réciproques » donnerait des résultats un peu plus exacts que celle de l'inversion ; nous n'avons pas eu à appliquer cette méthode : au surplus les lignes générales sont les seules qui méritent d'être dégagées dans une recherche de ce genre où l'on ne peut prétendre atteindre une précision rigoureuse.

(1) Dans la discussion à la *Royal statistical Society*, de Londres.

V

INDICES PONDÉRÉS ET INDICES PROPORTIONNALISÉS

On a fait remarquer avec raison, à propos de la méthode des *Index-Numbers* appliqués aux prix, que la moyenne arithmétique simple présentait quelque chose d'inexact en l'occurrence, des variations d'égale ampleur pouvant fréquemment présenter pour la masse de la nation une importance fort différente selon que la consommation de tel ou tel article est considérable ou minime. Le mémoire bien connu de Sir Inglis Palgrave sur la question des Prix, a apporté un élément intéressant, mais la solution reste à trouver en la matière qui nous occupe. Il est clair que toutes les tendances, favorables ou défavorables, exprimées par les chiffres recueillis, ne peuvent être considérées comme ayant chacune une valeur équivalente au point de vue du bien-être de la masse du peuple; le taux de la nuptialité, lorsqu'il va en s'élevant, est un indice favorable d'une bien autre importance que l'augmentation de la consommation des vins importés, par exemple; de même, parmi les indices pathologiques, les uns ont une signification néfaste beaucoup plus grave que certains autres. On n'a proposé aucun moyen vraiment satisfaisant de corriger cet inconvénient, sinon de multiplier autant que possible les indices et d'exercer un contrôle sévère sur leur choix. Nous pensons qu'il n'est pas possible, en effet, de trouver un terme commun auquel on puisse rapporter tous les indices ; l'indication d'un poids suppose une mesure étalon à laquelle on rapporte ce poids, mais il n'existe pas de mesure commune entre les phénomènes excessivement différents de nature et d'importance qui sont considérés dans l'indice totalisateur.

A cet égard, le seul système — rudimentaire, il est vrai — qui puisse être employé consiste dans le nombre plus ou moins élevé d'indices d'un même ordre : moral, industriel, agricole, commercial, etc.

Ainsi, dans notre système d'indices, les indices démographiques, au nombre de six, représentent donc par rapport à l'ensemble une valeur de 6/43, les indices relatifs à la production industrielle 7/43, ceux concernant le commerce extérieur 3/43, etc. ; mais si l'on doit conserver un certain équilibre entre les indices de nature différente, il n'est pas possible cependant de fixer une mesure précise et invariable.

Il en va autrement des rapports à établir entre les indices et certains phénomènes généraux dont ils dépendent et qui sont comme leur condition. On comprend aisément que l'importance de certains faits ne peut être mesurée qu'en tenant compte de l'extension prise par certains autres ; il y a eu en Belgique, en 1884, 121 070 décès ; en 1891, il y en a eu 128 786 : peut-on dire que la mortalité ait augmenté ? La réponse n'est possible qu'à la condition de calculer le rapport du nombre de décès au nombre des habitants ; or, ce calcul donne 100 pour résultat, tant en 1891 qu'en 1884. Le nombre des décès a donc augmenté, mais la mortalité est restée stationnaire. Nous nous excusons en vérité de rappeler des choses aussi élémentaires, mais ceci doit nous conduire insensiblement à des vues plus complexes.

La régularité de certaines progressions ou régressions surtout dans le domaine de la démographie est bien connue, mais cette régularité ne s'observe pas ailleurs, principalement dans les sphères de la libre activité économique. Sous l'influence des crises et des périodes favorables, nous voyons la production de certaines marchandises prendre tour à tour un développement inouï ou se restreindre d'une manière subite.

Si ces fluctuations brusques se trouvaient traduites directement en valeurs proportionnelles par rapport à une base à déterminer, elles agiraient d'une manière bien trop sensible sur le total de l'*Index-Numbers* et lui imprimeraient une allure saccadée ne correspondant guère avec la réalité des choses : les rapports établis avec d'autres phénomènes viennent tempérer cette hyperexcitation et c'est là un avantage spécial et non des moins sensibles de cette opération technique. La valeur de la production de la houille était, par exemple, de 18 051 499 fr. en 1884 et elle atteignit 23 206 953 fr. en 1900, soit une augmentation de 100 à 134, au lieu que, si l'on établit le rapport de la valeur à la population, la progression n'est plus que de 100 à 105.

Le phénomène auquel, en général, on peut rapporter l'indice considéré s'aperçoit facilement : la population est le fait qui en conditionne et détermine beaucoup d'autres, ou qui est l'élément principal de leur développement, soit que l'on considère la population dans son ensemble, soit que l'on prenne égard à certaines classes seulement.

Cependant, il est d'autres éléments qui doivent entrer en considération. Dans le système des indices que nous avons constitué, nous avons tantôt considéré la population dans son ensemble, tantôt dans certaines de ses parties ; tantôt enfin le point de comparaison a été cherché dans une autre direction.

Par population nous entendons le nombre de personnes inscrites aux registres de population et, à chaque période décennale, le chiffre résultant du recensement général.

Sont établis sur la base du rapport à la population entière, les indices relatifs aux : décès, suicides, condamnations par les tribunaux correctionnels pour délits prévus par le Code pénal, nombre d'aliénés, production des mines de houille, valeur de la production des car-

rières, des fers finis et de la fonte, de l'acier, de l'argent, du plomb et du zinc, nombre et force des moteurs, commerce spécial importations et exportations, circulation postale, nombre de télégrammes pour affaires de bourse et affaires industrielles, montant des effets escomptés à la Banque Nationale, montant des effets de commerce perçus par la poste, taxes perçues sur les mandats et bons de poste, montant du droit de patente sur les sociétés anonymes, autres patentes, consommation de la bière, du vin, du tabac, valeur cadastrale des propriétés bâties, dépôts à la Caisse d'épargne, nombre de livrets de particuliers existant à la caisse d'épargne, soit 27 indices.

Les 16 indices restants ou sont calculés sur d'autres bases, ou ont eu leurs nombres absolus simplement transformés en données proportionnelles. Se trouvent dans ce dernier cas les indices suivants : cours moyen du 3 % belge, salaire moyen de l'ouvrier mineur, index-numbers des produits agricoles, taux moyen de l'escompte, tonnage net des navires entrés, soit en tout 5 indices pour lesquels le matériel devant servir à la comparaison faisait défaut.

Les 11 autres indices ont été calculés sur des bases différentes :

a) Indices calculés sur certains groupes de la population. Les indices se trouvant dans ce cas sont ceux se rapportant à la natalité légitime et à la nuptialité, qui sont calculés par rapport à la population ayant atteint l'âge légal requis pour contracter mariage (c'est-à-dire dix-huit ans révolus pour l'homme, quinze ans révolus pour la femme, C. C. 144). Le nombre des personnes ayant atteint cet âge a été obtenu par le calcul, à raison de l'absence d'un relevé annuel.

b) Indices calculés par rapport à certains phénomènes démographiques. Se trouvent dans ce cas les naissances illégitimes, pour lesquelles le rapport a été établi aux

naissances légitimes considérées comme l'unité. Le nombre de reconnaissances d'enfants naturels dans l'acte de mariage a été calculé sur le nombre de naissances illégitimes. Les droits de succession perçus chaque année ont été rapportés au nombre de décès de l'année précédente.

c) Indices calculés par rapport au développement des moyens de transport. Le nombre de voyageurs, le nombre de tonnes de marchandises, les recettes des chemins de fer ont été proportionnés à la longueur des voies exploitées chaque année ; les quantités de marchandises transportées par eau l'ont été sur la longueur exploitée des voies navigables.

d) Indices calculés par rapport à d'autres indices. Pour les produits des ventes des objets engagés aux monts-de-piété on a fixé le rapport de ce produit au montant des engagements de l'année précédente. En ce qui concerne les faillites, on aurait dû comparer le nombre à celui des personnes payant patente ; à défaut de cette donnée, qui n'est pas publiée, on a proportionné le nombre de faillites au chiffre des patentes payées pour l'année correspondante, les patentes des sociétés anonymes exceptées.

VI

EXAMEN SOMMAIRE DU MATÉRIEL STATISTIQUE UTILISÉ

L'étude complète du matériel statistique, de ses lacunes, des causes d'erreur qui s'y rencontrent, prendrait à elle seule autant de développement que celui donné à cet exposé tout entier. Nous devons nous borner à un examen sommaire, en essayant de mettre le lecteur à même de se former une idée de l'exactitude des données que nous avons utilisées. Pour donner

à cet exposé le caractère méthodique qui convient, les indices utilisés se trouvent repris dans l'ordre même de leur énumération, excepté dans les cas qui ne nécessitent pas de commentaire spécial.

Naissances légitimes et illégitimes. — La statistique des naissances est l'une des plus sûres que l'on puisse utiliser. L'inscription aux registres de l'état-civil est réglée par le Code civil. Les naissances dont il est fait état sont exclusivement les naissances vivantes, c'est-à-dire que les morts-nés ou les enfants présentés sans vie mais ayant vécu un, deux ou trois jours, ne sont pas compris dans la statistique. Aucune modification n'a été apportée aux règles concernant l'inscription des naissances pendant la période observée.

Décès et suicides. — La statistique des *décès* est fournie par les relevés de l'État-civil, exécutés en conformité des art. 77 à 87 du Code civil ; les nombres obtenus de la sorte présentent évidemment le maximum de sécurité. Il n'en est pas de même des *suicides*, qui sont une subdivision de la première statistique. Les administrations communales sont chargées du relevé des suicides en se basant sur les déclarations obligatoires des médecins de l'état-civil ; mais les familles peuvent dissimuler la vérité touchant les circonstances du décès et, de plus, aucune instruction n'a défini le suicide, de sorte qu'on peut hésiter sur le point de savoir, par exemple, si un attentat commis par un fou sur sa propre personne est un suicide. Ces causes d'erreur, ainsi que quelques autres, laissent planer des doutes sur l'exactitude des nombres absolus ; les causes d'erreurs n'ont pas varié pendant la période observée.

Mariages. — Les formalités nombreuses précédant le mariage, sa publicité, la solennité et les formes de sa célébration constituent une garantie absolue en ce qui concerne le nombre des mariages contractés. Pour

être tout à fait exact, le coefficient de nuptialité devrait être calculé sur la population mariable, mais ce coefficient ne peut être calculé avec certitude qu'à la date des recensements. On a donc l'habitude de calculer le coefficient de nuptialité en rapportant le nombre des mariages contractés au chiffre de la population totale. Ce coefficient mesure la tendance générale au mariage, ce qui est bien le cas à envisager dans une étude ayant pour but de rechercher comment et combien les conditions économiques et sociales peuvent influer sur le taux de nuptialité. Ce coefficient manque toutefois de justesse, car il fait intervenir une large part de la population qui n'a pas la possibilité légale de se marier. Si cette fraction varie de pays à pays ou présente une importance relative variable d'une époque à l'autre, le coefficient de nuptialité variera également. C'est pour éliminer ces influences que nous avons établi les calculs sur le nombre de couples existant dans la population comprenant les garçons de plus de 18 ans et les filles de plus de 15 ans.

Les condamnés par les Cours d'Assises ou pour crimes par les tribunaux correctionnels, de même que les condamnés en correctionnelle pour délits punis par le Code pénal, sont connus numériquement avec certitude. Il arrive que certains faits qualifiés crimes par la loi et qui, comme tels, devraient être jugés par les cours d'assises, sont « correctionnalisés », c'est-à-dire renvoyés aux tribunaux correctionnels, à raison de certaines circonstances. La jurisprudence et les tendances des tribunaux variant à cet égard, on ne peut tabler sur la diminution des condamnations en cours d'assises pour en déduire des conclusions favorables ; il faut nécessairement y ajouter les crimes correctionnalisés. D'un autre côté, les *délits soumis aux tribunaux correctionnels* sont devenus plus nombreux par suite de la mise en vigueur de lois nouvelles. Si l'on

veut obtenir une série homogène, il faut nécessairement considérer uniquement les délits provenant d'une source unique, c'est-à-dire ceux prévus et punis par le Code pénal.

La statistique belge présente des lacunes qui ont été obligeamment comblées à notre intention par des recherches personnelles du chef de la statistique judiciaire en Belgique : nous lui adressons ici tous nos remerciements.

La *Statistique de la production* n'existe pas en Belgique. Force est donc de recourir à des relevés spéciaux formés par des administrations, telles que celle des mines ou des accises, en vue du but particulier qu'elles envisagent. La statistique des accises porte sur la production de la bière, du vinaigre, des eaux-de-vie, des sucres et glucoses, des tabacs indigènes et de la margarine : plusieurs de ces marchandises étant comprises, au point de vue de la consommation, dans une autre partie de l'*Index-Numbers*, nous ne les avons pas considérées sous le rapport de la production, qui se confond en grande partie avec le premier aspect mentionné.

Le Corps des Ingénieurs des mines procède à des investigations régulières dans les établissements soumis à sa surveillance, c'est-à-dire les mines, les minières, les carrières et les usines métallurgiques régies par la loi de 1810. Les renseignements donnés sur la *Production des mines de houille* (quantité et valeurs), portent le caractère d'une exactitude relative, à raison de ce fait qu'ils servent à établir le montant d'un impôt spécial, la redevance des mines, qui remplace la patente. Les données sont contrôlées avec soin et sont extraites des livres de comptabilité des charbonnages. Les données sont beaucoup moins bonnes en ce qui concerne les chiffres relatifs aux *carrières* parce que, pour un certain nombre de ces exploitations, les renseignements sont recueillis par les administrations

communales en dehors du contrôle des ingénieurs des mines ; pourtant, les carrières importantes fournissent des chiffres exacts. Dans les *usines métallurgiques*, les renseignements sont réunis directement par les Ingénieurs des mines : sans présenter la même précision que ceux concernant les charbonnages, ils ont néanmoins une valeur statistique sérieuse, surtout si l'on envisage les grands nombres.

La statistique de la production du *plomb*, telle qu'elle est publiée par l'Administration des mines a subi dans nos tableaux certaines corrections portant sur les années 1901 à 1903, 1906-1908. Ces années sont celles où, contrairement à la convention admise, on a porté dans la statistique les plombs d'œuvre venus de l'étranger pour extraire l'argent qu'ils contiennent. Les corrections effectuées rétablissent la régularité de la série.

Le *nombre* et *la force des moteurs à vapeur* employés dans le Royaume sont constatés, en vertu d'instructions officielles, par les Ingénieurs des mines et, dans les provinces qui ne sont pas comprises dans le ressort des officiers des mines, par les Ingénieurs et conducteurs des Ponts et Chaussées. La statistique des moteurs à vapeur est publiée chaque année par l'administration des mines. A raison du caractère de police que présente la surveillance exercée par les agents dénommés plus haut, le résultat de leurs investigations présente des garanties sérieuses.

La situation géographique de la Belgique, entre de grandes nations industrielles, a contribué à donner une activité particulière aux échanges commerciaux : c'est pourquoi la troisième partie de notre *Index-Numbers* présente un intérêt spécial. Au nombre des phénomènes envisagés, le *Commerce extérieur* (commerce spécial) est l'un des plus significatifs de l'état de prospérité économique, surtout quand il est — comme ici — combiné

avec d'autres. La Commission spéciale, constituée en France pour étudier les crises économiques, a reconnu qu'il était préférable de considérer l'ensemble du commerce spécial plutôt que ses divisions par parties ; c'est aussi la méthode que nous avons suivie. Le rapport à la population est le seul utilisable, d'après la même Commission, quoiqu'il ne soit pas tout à fait adéquat. En Belgique, la valeur du commerce extérieur est déterminée au moyen des déclarations des importateurs et des exportateurs pour les marchandises frappées à l'entrée de droits *ad valorem*, et d'après les évaluations annuelles d'une Commission spéciale en ce qui concerne les autres produits échangés. Les chiffres absolus consignés dans nos tableaux diffèrent des chiffres officiels parce que nous avons éliminé de nos calculs l'or et l'argent monnayé, ainsi que les minerais d'or et d'argent qui ont été relevés dans la statistique officielle à partir de 1905, les diamants bruts dont l'introduction dans la statistique remonte à 1898, et l'indigo, qui n'a été relevé à l'exportation que depuis 1904 ; la suppression de ces éléments assure à la série des nombres un caractère plus homogène.

Le *jaugeage des navires de mer* est opéré conformément aux dispositions de la loi du 20 janvier 1883 ; le système de jaugeage, depuis le 1er janvier 1884, est basé sur la méthode Moorsom. Nous négligeons les années antérieures (1880-1883), pour conserver à la série son caractère d'unité.

La statistique des *transports intérieurs* sur les voies navigables, qui est dressée par catégories de produits, serait extrêmement intéressante à consulter ; malheureusement, on ne peut l'utiliser que pour les charbons et coke, dont l'origine nationale n'est pas discutable ; ce n'est en effet qu'à une époque postérieure à notre année de base (1884) que la statistique des transports intérieurs ne comprit plus aucun navire de mer ; cette

confusion empêche toute comparaison entre la première partie de la série et la seconde.

Les données statistiques empruntés aux relevés du Ministère des chemins de fer, postes et télégraphes, comprennent le *nombre de voyageurs*, la quantité de tonnes de *marchandises transportées*, le montant des *recettes effectuées*, les taxes perçues du chef de la *circulation postale*, le nombre de *télégrammes* de bourse et d'affaires, le montant des *effets de commerce* perçus par la poste, ainsi que des taxes sur les *mandats et bons-poste*.

Les données relatives aux chemins de fer sont rapportées à la longueur exploitée, ce qui diminue dans une grande proportion l'influence du rachat des lignes de chemins de fer par l'État ; les autres statistiques sont proportionnées à la population. Bien que ces indices soient utilisés dans tous les travaux de sémiologie et que leur valeur ne soit pas contestable, non plus que la précision de quelques-uns d'entre eux (1), il n'en est pas moins vrai qu'ils fournissent une interprétation généralement optimiste des conjonctures économiques. Le nombre de voyageurs sur les lignes de chemins de fer a augmenté, par exemple, d'année en année, même les années de crise, le seul effet de ces dernières étant de comprimer la progression et de la retenir dans des limites plus étroites. Pour éviter le manque d'homogénéité résultant du rachat, en 1895, de certaines lignes par l'État, nous avons confondu en un total unique les chiffres concernant l'État et les Compagnies. Cette précaution n'a pas suffi cependant à éliminer les causes secondaires d'erreur résultant de discordances entre

(1) Plusieurs données résultent de la comptabilité imposée aux administrations publiques et se trouvent dès lors soumises à un contrôle rigoureux. Toutes les données qui se traduisent de la sorte par des recettes de taxes ont un caractère de précision qui ne se retrouve pas au même degré dans celles résultant d'un dénombrement d'unités.

les méthodes de calcul employées à l'État et celles en usage dans les Compagnies.

On s'explique facilement que le nombre des voyageurs sur les chemins de fer augmente indépendamment des conjonctures économiques ; les facilités croissantes des voyages, l'augmentation du nombre de trains et de stations, la création d'abonnements de courte durée à prix réduits, la transformation des habitudes, l'existence de quelque circonstance extraordinaire, telle qu'une exposition industrielle, fêtes ou réjouissances publiques, expliquent l'accroissement du trafic-voyageurs sans qu'on puisse établir entre ce fait et les conjonctures économiques un lien nettement déterminé. Sans doute, des ralentissements significatifs s'observent aux environs des années de crise, mais en général l'indice conserve son sens optimiste ; il traduit cependant une modification à l'état social, qui est loin d'être dénuée d'importance, et dès lors on ne peut ne pas en tenir compte, sauf à observer certaines précautions dans l'interprétation. On peut faire des réserves du même genre en ce qui concerne les taxes perçues du chef de la circulation postale, dont l'augmentation provient de la diffusion de l'instruction et des relations sociales, phénomène intéressant au point de vue général, mais peu significatif en lui-même sous le rapport économique. Enfin l'accroissement des effets de commerce perçus par la poste, ainsi que du montant des taxes sur les mandats et bons de poste peut légitimement être attribué à l'utilisation plus large faite par le public d'un instrument mis à sa disposition, sans qu'on puisse en conclure nécessairement à l'augmentation proportionnelle de la masse des transactions dans le pays. Par contre, la quantité de marchandises transportées par les chemins de fer, comme aussi le nombre de télégrammes de bourse et d'affaires échangés à

l'intérieur du pays, correspondent directement aux conjonctures économiques générales.

Juglar, résumé plus haut par Cauwès, attribue une valeur très significative aux indices se rapportant à la situation des banques.

« Lorsque la crise s'accentue, dit-il, le portefeuille de la banque est plein, les dépôts sont retirés : ce qui reste de l'encaisse est protégé par un taux exorbitant qui va jusqu'à dix pour cent ; c'est le grand moyen préventif des crises, mais il n'a pas toujours la vertu de les conjurer. » Les *effets escomptés* à la Banque Nationale de Belgique constituent donc un indice fort significatif, d'autant plus que le montant de ces effets représente, d'après des autorités comme le professeur Hector Denis, 80 °/₀ de la masse totale. Le *taux de l'escompte* est en relation directe avec l'état de crise ou de prospérité ; il n'est donc pas nécessaire de justifier l'emploi que nous avons fait de cet indice. Quelle que soit l'importance théorique de l'observation de l'*encaisse métallique* de la Banque Nationale et celle de l'étude de la *circulation des billets*, nous avons dû renoncer à l'utiliser dans cette étude. L'encaisse métallique de la Banque Nationale est manifestement inférieure d'une cinquantaine de millions à ce qu'elle devrait être, si on admet que les billets de banque devraient être couverts à concurrence d'un tiers par l'encaisse. Il y a excès de billets, surtout de petites coupures de 50 fr. et de 20 fr. ; l'accroissement de la circulation s'est fait au détriment de la couverture métallique (1) ; de plus, l'encaisse est encore menacée par le drainage systématique que des spéculateurs ont organisé à la faveur du change défavorable sur Paris (2).

(1) Cf. G. de Laveleye dans le MONITEUR DES INTÉRÊTS MATÉRIELS, avril 1910, Bruxelles.

(2) M. Ansiaux. *Les problèmes de la circulation monétaire en Belgique*, REVUE ÉCONOMIQUE INTERNATIONALE, 1907, Bruxelles.

Dans ces conditions, il n'est pas possible de prétendre que la situation de l'encaisse de la Banque soit normale, ni que ses variations puissent servir d'indication à l'égard des conjonctures économiques.

Les *Index-Numbers* des prix, qui fournissent un indice hautement apprécié pour l'étude des variations de l'état économique, n'existent pas en Belgique, au moins dans les conditions requises pour que leur observation donne des résultats vraiment satisfaisants. Le professeur Hector Denis s'est livré à un travail très patient dans son ouvrage sur la *Dépression des prix*, afin d'établir l'index-numbers des prix en Belgique, et il a continué cette étude ailleurs; malheureusement, les prix utilisés par M. Denis sont ceux qui servent à l'établissement des valeurs en douane et nous trouvons que les moyennes adoptées par la commission des valeurs officielles ne correspondent que d'assez loin aux fluctuations réelles des prix. Les Index calculés par Hector Denis se tiennent notablement plus bas que ceux établis en Angleterre; c'est la raison pour laquelle nous n'avons pas cru pouvoir les utiliser. Nous avons fait le calcul des *prix des principales denrées agricoles*, d'après les prix officiels des ventes sur les principaux marchés, mais les prix des marchandises dans leur ensemble seraient autrement significatifs.

La statistique des consommations et revenus est, avec celle de la production, l'une des plus pauvres en Belgique. L'énumération des documents qui seraient désirables serait beaucoup plus longue que celle des renseignements que l'on possède. Quelques-unes des marchandises de consommation populaire sont connues avec précision, à cause de la législation fiscale, dont l'exécution exige une surveillance rigoureuse. Citons par exemple la consommation de la *bière*, des *vins* et du *tabac*. Comme deux au moins de ces articles ne sont pas de nécessité, on peut regarder leur consom-

mation comme étant directement influencée par les conjonctures économiques. Et si l'on observe le troisième, on voit que sa consommation, tout en restant à un niveau constamment élevé, augmente pendant les bonnes années et fléchit pendant les années de crise. La certitude que les droits sont perçus avec rigueur et que leur montant se trouve exactement porté dans les statistiques fiscales, constitue une garantie aussi absolue qu'elle peut exister en pareille matière.

On posséderait un indice excellent si l'on disposait des chiffres indiquant le *salaire* d'un très grand nombre d'ouvriers, année par année, au moins pour les industries principales. Malheureusement, la réalité est loin de cet idéal théorique. Nous possédons, à la vérité, en Belgique, un certain nombre de données scientifiquement établies relatives aux salaires — et en premier lieu celles qui furent réunies lors du recensement général des industries et des métiers en 1896 et lors des enquêtes subséquentes de l'Office du Travail — mais ce qui fait absolument défaut, c'est la continuité des recherches. De toutes les enquêtes sur les salaires, une seule est permanente : ce sont les chiffres recueillis par les Ingénieurs des mines touchant la rémunération des *ouvriers mineurs*. La base de ces données est empruntée aux livres de paie des charbonnages et peut être considérée comme offrant une grande sécurité. Nous n'en dirons pas autant de la notion du *salaire moyen de l'ouvrier mineur*, mais nous n'avons pas à examiner cette question ici, attendu que la seule chose intéressante à notre point de vue sont les fluctuations du salaire et non son chiffre absolu. Les données publiées par la même administration des mines sur le salaire des ouvriers de la métallurgie sont beaucoup moins certaines, aussi ne les avons-nous pas utilisées.

Les *engagements au mont-de-piété* sont générale-

ment considérés comme un indice défavorable quand ils augmentent. Ce point de vue gagnerait à être précisé et c'est ce que nous avons essayé de faire : l'engagement d'objets mobiliers au mont-de-piété n'a qu'une signification médiocre si un dégagement se produit dans les délais légaux; au contraire, laisse-t-on périmer ces délais et laisse-t-on vendre l'objet en gage, on peut conclure avec plus de certitude à une situation défavorable. Dans ce cas, il convient de comparer le *montant des ventes des gages surannés* au moment des engagements de l'année précédente. C'est ce que nous avons fait dans notre Index, sans nous dissimuler que ce calcul même garde encore quelque chose d'incertain, à cause d'assez nombreuses circonstances.

Les sommes perçues par l'État du chef de *droits de succession et de mutation*, des *patentes* et du montant de la *valeur cadastrale* des propriétés bâties sont, pensons-nous, les seules données de la statistique financière qu'on soit en état d'utiliser en ce qui concerne la situation de la Belgique. C'est peu de chose si on le compare aux nombreux indices que pourrait fournir la statistique financière, mais celle-ci est, dans notre pays, bien plus une statistique administrative qu'économique. Encore, en utilisant les chiffres dont il s'agit, convient-il d'en préciser la portée. Les droits de succession sont ceux perçus sur les valeurs mobilières déclarées à l'occasion de successions; les droits de mutation sont perçus sur les immeubles. A défaut d'un ensemble de mesures de contrôle, les droits de succession sont loin de donner une idée exacte de la richesse mobilière; ceux appelés droits de mutation présentent une plus grande somme de garantie. Dans nos calculs, le montant des deux droits réunis a été rapporté au nombre de décès de l'année précédente.

La contribution foncière est assise sur le revenu net des propriétés bâties et non bâties ; le revenu net

imposable des propriétés foncières a été établi en 1860 d'après la moyenne des baux et des actes de vente passés de 1849 à 1858 ; le revenu net imposable des propriétés non bâties étant immuable, il ne peut être question de le prendre comme symptomatique à l'égard de la situation économique. Pour les propriétés bâties, il en est de même, mais en réalité le montant des droits augmente à raison des nouvelles constructions, reconstructions, agrandissements, etc. Nous pouvons donc utiliser les chiffres de la valeur cadastrale des propriétés bâties comme un indice de développement de la propriété bâtie, mais on ne peut rien y trouver en ce qui regarde l'augmentation de la rente du sol. Le droit de patente est établi sur l'exercice habituel de tout commerce, profession, industrie, métier ou débit, sauf les exceptions déterminées par la loi. Cet impôt a pour base le montant proportionné des bénéfices industriels et commerciaux évalués d'après l'importance relative et l'utilité plus ou moins grande des professions et des affaires de chaque contribuable. C'est en ces termes qu'une publication officielle (1) caractérise le droit de patente, mais en réalité le droit est appliqué sans considérer si le contribuable fait ou non des bénéfices ; de plus, en pratique, l'assiette du droit de patente est arbitraire et illogique, car il a la prétention d'atteindre les revenus actuels du commerce et de l'industrie au moyen de tableaux dressés en 1819 (2). Il importe donc de ne pas considérer le montant du droit de patente comme mesurant d'une manière exacte le développement absolu de la richesse en Belgique, mais de le prendre uniquement comme un indice du progrès au sens relatif. Ajoutons que la patente se perçoit, sur les sociétés anonymes et sur les

(1) *Exposé de la situation du Royaume de 1876 à 1900*
(2) J. Ingenbleek, *Impôts directs et indirects sur le revenu*. Bruxelles, 1909.

particuliers, sur des bases différentes, ce qui nous a amenés à présenter séparément les deux recettes fiscales (1).

La statistique des *caisses d'épargne* a été signalée souvent comme une source à interroger dans le genre de recherches qui nous occupe. En Belgique, cette recherche se trouve facilitée par le fait que la caisse générale d'épargne et de retraite placée sous la garantie de l'État centralise une fraction importante des épargnes populaires : celles-ci cependant trouvent encore un emploi dans quelques caisses d'épargne particulières et dans de nombreuses sociétés constituées entre petits bourgeois et ouvriers ; aucune statistique n'existe en ce qui concerne l'activité de ces derniers groupements, de sorte qu'il faut se borner aux chiffres de la caisse générale d'épargne et de retraite. Parmi ceux-ci il y a lieu d'opérer une double discrimination : il faut d'abord éliminer le montant des dépôts effectués par les administrations publiques ; ensuite il convient de n'observer parmi les dépôts des particuliers que ceux inférieurs à une somme de moins de 3000 francs ; les réductions d'intérêt en 1894 et en 1902 ont affecté la régularité de la courbe ; afin d'éliminer cette influence perturbatrice, nous avons soustrait de nos calculs les deux années qui les suivent immédiatement. Enfin, le nombre des déposants est par lui-même un indice que nous avons cru devoir utiliser à côté de l'augmentation des dépôts.

Nous avons enfin adopté comme dernier indice le *cours moyen de la rente belge 3 %*.

(A suivre). ARMAND JULIN.

(1) Nous sommes redevables de ces chiffres inédits à la complaisance de M. l'Inspecteur général Renauld, à qui nous adressons ici nos plus vifs remerciements.

ESSAI SUR
LES COUTUMES FAMILIALES
DES
PEUPLADES DU BAS-CONGO

L'objet de cette notice est de grouper les renseignements épars dans les livres et revues sur un chapitre intéressant de l'ethnographie de l'Afrique centrale, d'en constater les lacunes et de stimuler le zèle de ceux qui sont à même de les combler. On n'y trouvera donc qu'une mise au point comparative de nos connaissances actuelles des coutumes familiales des peuplades du Bas-Congo.

Quand nous parlons du Bas-Congo, nous n'entendons point par là nous limiter au cours inférieur du grand fleuve, mais à toute la partie du Congo belge comprise entre le Stanley-Pool et l'embouchure du Congo. Les populations qui l'occupent présentent une certaine unité au point de vue linguistique et on leur donne parfois, mais improprement, le nom de Bafiote.

Notre étude ne comprendra que les Muserongo, les Bakongo, les Babuende, les Basundi, les Kakongo et les Mayombe.

Nous avons divisé notre travail en trois chapitres traitant successivement de l'*enfance*, des *fiançailles* et du *mariage*.

I

L'ENFANCE

Une des études les plus complètes et les plus intéressantes que nous possédions sur la vie de l'enfant au Bas-Congo, est due à l'initiative du regretté R. P. Veys. Après trois ans de séjour au milieu des Bakongo, le R. P. Rédemptoriste commença la publication d'une étude sur les coutumes familiales de cette peuplade. « Ce travail, dit-il, est la mise en œuvre de renseignements recueillis sur place, au cours des travaux de mon ministère. C'est un premier essai destiné à être complété par des observations ultérieures. »

L'auteur se proposait d'étudier successivement la vie domestique, familiale et sociale du Bakongo. L'enfance du Congolais retient d'abord son attention. Ses observations se rapportent spécialement aux indigènes des environs de la mission de Tumba. La mort vint surprendre le regretté missionnaire au milieu de ses travaux, et, de l'étude annoncée, nous ne possédons que la première partie (1).

La naissance du Bakongo ne semble point donner lieu à de véritables cérémonies, mais les superstitions qui rempliront sa vie entière le prennent dès le berceau. Les premières formalités auxquelles il est soumis sont celles de l'imposition d'un nom. On en charge un homme quelconque du village ; ce parrain improvisé s'appelle *Lema*. Il se rend dans la case où l'enfant vient de naître, portant un cruchon de vin de palme et

(1) Veys, Mouvement antiesclavagiste, XV (1903), pp. 33-39, 91-97, 181-186 : *Mœurs et coutumes congolaises*. pp. 92-94 ; reproduit dans : Mouvement géographique, XX (1903), pp. 110-112 et dans Le Congo, II (1905), pp. 110-111, 125 et 126, 135 et 136,

une poule ou un coq. Il prend l'enfant par la main et lui donne un nom quelconque, choisi le plus souvent parmi ceux d'objets inanimés, de plantes, d'animaux. Ainsi : un garçon s'appellera *Mvindu* (saleté), *Tadi* (pierre), *Kiula* (crapaud), *Ngandu* (crocodile), etc. ; une fille *Nkenge* (fourmi) (1), *Nsoko* (foie), *Kindoki* (maléfice), *Mafuta* (graisse), *Nkandi* (coconote), etc. Il arrive même que le Lema prononce une sentence en prenant la main de l'enfant qui s'appellera *Mbwa Munzila* (le chien est sur le chemin), *Pwa munzo* (la mort est dans la maison), etc.

Si l'enfant naît la nuit, on s'abstient de déranger les connaissances et c'est la mère qui, dès les premières lueurs du jour, donne un nom au nouveau-né. Ce nom toutefois n'est point définitif ; le Lema viendra lui en imposer un nouveau dans le cours de la journée.

Un mois environ après sa naissance, l'enfant est soumis à une cérémonie que préside le féticheur. Cette cérémonie, considérée par le R. P. Veys comme une grossière imitation du baptême, s'appelle le *Tombola muana* (l'élévation de l'enfant). Le féticheur, *nganga a biteke*, accompagné de la famille, se rend à la hutte où se trouvent la mère et l'enfant. Après avoir attaché au-dessus de la porte quatre feuilles d'une plante nommée *Nsoko*, il entre, asperge la mère et l'enfant avec de l'eau dans laquelle on a fait bouillir une espèce d'épinard dit *Lemba-lemba* (2). En même temps, le

(1) Le R. P. Struyf nous signale à propos de ce nom que *nkenge* signifie bien « fourmi-lion » mais que ce n'est pas le nom de cet animal qu'on donne à certaines filles. Voici quelle serait l'origine de *Nkenge*. La semaine congolaise se compose de quatre jours : *Nkandu*, *Konso*, *Nkenge*, *Nsona*. Les filles naissant ces deux derniers jours s'appellent presque toujours *Nkenge* ou *Nsona*.

(2) « Lemba-lemba. *Brillantaisia alata* T. And. ACANTHACÉES. Lemba (adoucir, garantir du sortilège) : la plante porte au calme. Plante fétiche, plantée dans les villages, aux endroits où l'on juge les palabres. Elle aurait la vertu de porter au calme et de forcer les palabreurs à arranger les différends sans se fâcher ; si l'un d'eux se fâchait, on l'expulserait aussitôt. Ses feuilles

nganga prend l'enfant par la main et, suivi de la mère, le fait sortir de la case. Arrivée devant la porte la mère dépose l'enfant à terre et s'efforce de lui faire prononcer le mot *ukaka* (un autre). Dès que l'enfant a poussé quelque vagissement ressemblant plus ou moins à *ukaka* — on n'est guère exigeant — le sorcier l'asperge à nouveau, verse une partie du liquide autour de l'enfant et lui donne le « nom du Saint » selon l'expression des indigènes, *Zina dia Santu* ou le *Ndumbululu*. Puis, gravement, il présage l'avenir en attachant au pied droit du bébé un anneau fait d'une corde ou d'une fibre végétale. L'enfant portera cet anneau jusqu'au jour où il marchera seul ; ce jour-là on le lui enlèvera pour le jeter sur le toit de la hutte, ou le suspendre à l'intérieur de la case. A la fin de la cérémonie, le *Nganga a biteke* fait boire l'enfant à la coupe de vin de palme ; la mère y trempe aussi les lèvres et tous les assistants mangent et se partagent ce qui reste du vin de palme.

D'après Baerts, la naissance d'un enfant *Muserongo* donne également lieu à certaines cérémonies célébrées par le féticheur, mais nous n'en possédons pas les détails (1).

Chez les Kakongo, l'enfant reçoit son nom de sa mère. Comme chez les Bakongo, ce nom rappelle quelque objet matériel, herbes, plantes, animaux ou tout autre chose qui a frappé l'attention de la mère au moment de la naissance. Nous retrouvons chez cette peuplade les noms *Nzau* (éléphant), *Nandi* (huître), *Mboma* (serpent), *Mutu* (tête), *Mvidi* (chenille), *Sikelu* (tambour), *Kunbisu* (verdure), *Nzimbu* (collier

servent à assaisonner le poulet. » *Plantes principales de la région de Kisantu*, par J. Gillet, S. J. et E. Pâque, S. J. ANNALES DU MUSÉE DU CONGO BELGE. Botanique, série V, fasc. I, p. 43.

(1) Baerts, BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ ROYALE BELGE DE GÉOGRAPHIE, XIV (1890), pp. 137-154, *Organisation politique, civile et pénale de la tribu des Mossoronghos.*

de perles), etc. On appelle le *nganga* pour imposer au nouveau-né, garçon ou fille, une espèce de tabou, entraînant l'obligation de s'abstenir toute sa vie de certains mets, de monter en canot, de regarder tel ou tel objet, ou encore de porter en guise de ceinture la peau d'un certain animal, etc. Il est possible que les interdictions dont sont frappés certains chefs Mayombe leur aient été imposées dans des circonstances analogues; l'existence du tabou chez cette peuplade est un fait établi, mais dont le détail demande de nouvelles recherches.

D'après le R. P. De Clercq, de deux jumeaux nés au Mayombe, l'un s'appelle *Nsimba*, le second *Nzuzi*; aucun auteur ne parle ni de cérémonies auxquelles donnerait lieu la naissance ni de l'imposition d'un nom au nouveau-né chez ces peuplades (1).

Quelque temps après le *Tombola-mwana*, quand le nouveau-né, grâce aux soins dont il est l'objet, devient dodu, on s'empresse de le soustraire à l'action du mauvais esprit *ndoki*. La mère recourt au féticheur qui pratique aux tempes et aux bras de l'enfant une cinquantaine d'incisions légères en défendant de lui donner de la viande à manger aussi longtemps que les plaies ne seront pas cicatrisées.

Quand l'enfant marche seul, on lui impose un second tatouage, exécuté par le *Nganga Pwata*. Ce tatouage varie de peuplade à peuplade, et va, chez les Bakongo des environs de Tumba, des épaules à la poitrine. C'est en cette circonstance que le féticheur défend au Bakongo l'usage de certaine viande ou de certain poisson, dont le choix dépend des caprices du *nganga*. Les indigènes observent rigoureusement ces interdictions, persuadés que leur transgression serait pour eux

(1) De Clercq, *Les Mayombe*, par C. Van Overbergh et Ed. De Jonghe. Bruxelles 1907.

une source de malheurs. Toutefois ils peuvent faire lever la défense par le *nganga a biteke* qui leur donne, moyennant finance, le *nlongo*, ou remède. « Il consiste, dit le R. P. Veys, en un breuvage composé d'une limace écrasée dans la terre blanche appelée *pemba*. L'absorption de cette mixture délie le Bakongo de toute obligation du tabou. »

Chez les Mayombe, les femmes seules sont tatouées. L'enfant Bakongo reste aux soins de sa mère jusqu'au jour où initié aux travaux journaliers il pourvoira lui-même à ses besoins.

Les preuves de l'amour maternel abondent dans les récits des voyageurs. « Jamais la mère, chez les Muserongo, dit le P. Callewaert, ne se permet d'absorber quelque douceur sans en souffler une partie de sa bouche dans celle de son enfant. » (1) « Les mères, dit Van de Velde, sont très fières de leurs bébés. » Chaque fois qu'il se promenait dans les environs de sa station, les mamans qui travaillaient aux champs accouraient pour lui présenter leurs enfants et se montraient très heureuses quand il caressait les petits. Un jour, au cours d'une visite au roi de Kionzo, la reine lui présenta son fils Watanga. Après avoir reçu un cadeau, la mère s'éloigna quelques instants et revint bientôt apportant son enfant complètement blanchi et les cheveux poudrés couleur carotte. Heureuse et fière, elle montrait son marmot avec une expression dans les yeux où se lisait à la fois le bonheur, la fierté et l'amour maternel le plus profond (2).

Les enfants de leur côté adorent, en général, leurs parents, surtout leur mère. Rien n'est admirable, dit

(1) Callewaert, Bulletin de la Société Royale Belge de Géographie XXIX (1905) pp. 182-208, *Les Mousseronghos*.

(2) Van de Velde, Bulletin de la Société Royale Belge de Géographie X (1886) pp. 347-412, *La région du Bas Congo et du Kwilou-Niadi*.

un voyageur, comme le respect que les jeunes gens ont pour leurs parents et pour la vieillesse. En passant dans le village de son père, Kinkele, un des domestiques de Van de Velde, s'enfuit en courant pour aller saluer les siens et manger un peu de manioc avec *tate* et *mame*. De son côté le père ne manquait jamais de demander son fils, chaque fois qu'il passait par la station.

Chez les Mayombe, l'affection des enfants pour leurs parents et des parents pour leur progéniture n'est pas moins sincère, mais, là aussi, les enfants manifestent plus d'attachement et d'affection pour leur mère que pour leur père.

Louwers, circulant avec des porteurs dans la région du Mayombe, rencontra un jour, à l'approche d'un village, une femme d'un âge fort avancé. A sa vue, un homme de sa caravane jette sa charge et court vers la vieille, en lui faisant grande démonstration d'amitié. Intrigué par cette manifestation de joie et d'affection, Louwers interroge ses compagnons qui lui répondirent simplement : « C'est sa mère (1) ».

« Chez les Bakongo, dit le R. P. Struyf, l'amour des enfants pour leur mère est très marqué, et la polygamie contribue, sans doute, à développer ces sentiments. L'enfant grandit bien plus sous l'influence et dans l'intimité de la mère que du père. D'ailleurs, d'après les coutumes du pays, tous les enfants appartiennent à la mère, et leur éducation, si éducation réelle il y a chez ces peuplades sauvages, incombe entièrement à la mère jusqu'à l'âge de 5 à 6 ans. »

Au début de leur existence, négrillons et négrillonnes sont traités de la même manière. A califourchon sur la hanche de leur mère, où les retient une bande

(1) Louwers, *Les Mayombe*, ouvr. cité.

d'étoffe, ils boivent gloutonnement à l'énorme et longue mamelle, ou dorment bercés pendant la marche ou les travaux des champs. Pour tout vêtement, ils ont un simple tour de perles retenu aux hanches, et portent au cou, au poignet ou à la cheville, des amulettes préservatrices. « La mère aussi, dit Cabra, a soin de se munir de ces *nkisi :* un lien qui lui enserre la tête retient, près de la nuque, un tas d'affiquets, morceaux de corail, coquillages, petites cornes d'antilopes, dents, etc., qui doivent éloigner les maladies et la mort d'elle-même et de sa progéniture. Par surcroît de précaution, elle se fait souvent peindre en rouge au tacula. Si l'enfant tombe malade, elle n'hésite pas à renier ses pratiques superstitieuses pour recourir aux remèdes du blanc (1). »

« L'allaitement dure au moins deux ans, écrit le R. P. De Clercq. Pendant tout ce temps, il n'existe aucun rapport entre la femme et le mari. Cette coutume que pratiquent toutes les peuplades du Bas-Congo est, avec la polygamie, une des causes qui limitent l'accroissement de la population dans ces régions. »

Quand l'enfant peut quitter le dos de sa mère, il prend part aux jeux de son âge, qui, au dire du R. P. De Clercq, sont souvent, au Mayombe, mêlés de chants et de récits légendaires.

On ne trouve chez aucune peuplade du Bas-Congo les traces d'une formation intellectuelle. Les parents ne sauraient d'ailleurs s'en occuper faute d'en posséder eux-mêmes ; actuellement, la pénétration de la civilisation et surtout les travaux incessants et persévérants des missionnaires modifient petit à petit cet état de choses, et bientôt l'enfant du Bas-Congo recevra l'instruction, comme il reçoit dès maintenant, de ses parents, l'éducation physique et l'initiation pratique à la culture et aux travaux manuels.

(1) Cabra, *Idem*.

Nous ignorons quelle place occupe, dans cette initiation à la vie, l'éducation morale de l'enfant, mais celle-ci existe certainement. Au Mayombe, la mère enseigne à sa fille, devenue nubile, ses devoirs et ses obligations envers son futur mari. Elle lui apprend ce qu'elle pourra lui accorder, ce qu'elle devra lui refuser suivant un certain code traditionnel de pudeur conjugale. La jeune fille saura qu'il lui est défendu, une fois mariée, de se montrer nue à la clarté du jour, et que si elle trompe son mari elle ne pourra lui servir à manger avant que le soleil ne soit couché sur sa faute, etc. Une initiation analogue se pratique chez les Muserongo.

Quant à l'éducation physique, on la trouve développée chez toutes les peuplades du Bas-Congo. Les premiers travaux imposés à l'enfant ne sont pas pénibles : il va puiser l'eau à la rivière et chercher le bois à la forêt, il transporte les ustensiles du ménage, en un mot, il se rend utile. A mesure qu'il grandit, il se revêt davantage et recouvre sa ceinture de perles d'un léger pagne. « Chez les Bakongo, dit le R. P. Struyf, les filles de 7 à 10 ans portent, autour des reins, un petit pagne ; à l'âge de puberté elles y ajoutent un pagne autour des seins. »

« Devenu plus fort, l'enfant Mayombe, dit Cabra, portera les bananes et les noix de palme, et l'on verra, dans une caravane, fillettes et garçons chargés comme les femmes, alors que l'homme adulte marche librement. »

Chez les Muserongo, le père s'occupe spécialement des garçons, il leur procure un méchant couteau découpé dans un cercle de barrique, leur monte leurs premiers arcs, taille leurs premières flèches, et les emmène avec lui à la chasse, à la pêche et aux marchés.

La femme prend soin de l'éducation des filles et leur apprend à cultiver les champs, à préparer les repas, etc.

Cet usage est commun à toutes les peuplades du Bas-Congo. Toutes aussi s'occupent de l'initiation de leurs enfants aux différents travaux que réclament les besoins de la vie. Pendant que les garçons apprennent à chasser, à pêcher, à forger le fer, à sculpter le bois, etc., les filles aident leur mère dans les travaux du ménage, l'accompagnent aux champs, apprennent à labourer la terre, à cultiver les légumes, à fabriquer la bière, la poterie, etc. Cette éducation se poursuit aussi longtemps que le garçon ne se sent pas en état de se soustraire à la tutelle de son père, ou jusqu'à ce que la jeune fille fiancée quitte la hutte maternelle pour aller partager la vie de son mari.

II

FIANÇAILLES

Chez les peuplades du Bas-Congo, l'échange des premiers cadeaux, constituant la garantie fondamentale des engagements réciproques, se fait parfois longtemps avant l'époque du mariage.

D'après Louwers, au Mayombe, la future épouse, encore enfant, est confiée, dès l'échange des cadeaux, au futur mari et vit dans sa famille jusqu'à l'âge de la puberté. Claessens a connu de vieux chefs Mayombe, qui achetaient des petites filles, presque des enfants, pour en faire plus tard leurs femmes (1). Il ne dit pas si ces enfants passent directement dans la famille de l'acheteur ou si, comme le note le R. P. Aug. De Clercq, les jeunes filles ne sont remises à leur mari qu'au moment où elles sont nubiles et à la condition que le mari ait satisfait aux exigences de la famille. Nous

(1) Claessens, *Les Mayombe*, ouvr. cité.

croyons que le cas du transfert de la fillette, d'une famille à l'autre, constitue en réalité l'exception, d'autant plus que les cérémonies des fiançailles semblent être en contradiction avec pareille coutume.

Chez les Muserongo, les parents promettent leurs enfants en mariage dès le bas-âge de ceux-ci, mais ce contrat n'est pas une vente : le futur mari n'acquiert aucun droit sur la fille qui reste chez sa mère jusqu'à l'âge nubile.

Les promesses d'union faites par les parents sont très respectées et elles sont une garantie réelle pour la moralité de la jeune fille.

Chez les Bakongo les jeunes filles sont promises en mariage dès l'âge de 4 ans, et c'est le père qui leur annonce l'événement. A chacune de ses visites, le futur doit apporter un petit cadeau à l'enfant. Mais les fiançailles ne deviennent définitives que lorsque le père et le prétendant se sont mis d'accord sur le nombre de pièces d'étoffes ou de barils de poudre à fournir. D'après Cocheteux, le mariage entre esclaves Bakongo, et celui d'un homme libre avec une femme esclave, ne donnent lieu à aucune cérémonie. D'autre part, dans l'union d'un homme et d'une femme libres, il serait tenu compte des sentiments des conjoints. Le mariage semble donc être au Bas-Congo tantôt la conséquence d'inclinaisons réciproques, tantôt et le plus souvent, une question d'argent. Les chefs Bakongo engagent leurs enfants très jeunes dans le but de les avantager et de se créer des relations d'amitié avec leurs voisins (1).

Chez les Kakongo les jeunes gens se choisissent librement une épouse, et les fiançailles en bas-âge ne sont pas admises. Il en est de même chez les Basundi et les Babuende, où la jeune fille reste libre jusqu'à l'âge de la puberté.

(1) Cocheteux, BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ D'ANTHROPOLOGIE DE BRUXELLES, VIII (1889), *Contribution à l'étude de l'Anthropologie du Congo.*

Chez les Basundi, le mariage est toujours précédé de certaines cérémonies, dont le sens est difficile à déterminer, mais qui semblent être des rites d'initiations analogues au *Nkimba* et au *Dembo*. « Chez les noirs du Haut-Chiloango, écrit Lemaître, la jeune fille fiancée est obligée, de par les coutumes du pays, de passer quelque temps, au moins quelques jours, à réfléchir sur les avantages et les inconvénients du mariage et à faire sa toilette pour le grand jour (1). »

Dès qu'une jeune fille a été remarquée par un jeune homme qui la demande en mariage, et que les préliminaires sont conclus, elle quitte le toit paternel pour habiter une case spéciale, différente des autres en ce qu'elle est peinte en rouge intérieurement et extérieurement. C'est la maison du *Takul*. Ce nom lui vient du bois de *Takula*, dont l'écorce a la couleur rouge de l'argile. C'est dans cet asile, où aucun homme ne peut pénétrer, que la jeune fille attend le moment d'être unie à son fiancé. Du moment qu'elle a franchi le seuil du *Takul*, elle devient *Tshikombi* (bonne à marier), et les préparatifs de la toilette nuptiale commencent. Ils sont très simples. L'habilleuse noire s'arme d'un pinceau, et badigeonne la *tshikombi* des pieds à la tête, la faisant passer du noir au rouge-brique. Après quoi la jeune fille est couchée sur un lit bien propre, et l'on pousse le raffinement jusqu'à lui faire employer une fourchette afin qu'elle ne se salisse point les doigts en mangeant. Il faut croire que cette période doit se passer dans la mortification, car tout au plus l'autorise-t-on à fumer quelques pipes de temps en temps.

Accompagnée de ses parents, elle va, au coucher du soleil, prendre son bain. Son corps est ceint d'un pagne enduit de takula et ses pieds sont chaussés de sandales.

(1) Lemaître, BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ DE GÉOGRAPHIE DE ROCHEFORT, XVI (1894), pp. 89-123, *Dans le Bas-Congo*.

Ses suivantes la baignent et l'opération terminée on la reconduit dans la maison du Takul, où on la parfume en brûlant des herbes odoriférantes, puis on la badigeonne de nouveau.

Durant tout ce temps, la jeune fille ne voit que ses parentes et ses amies. Le Nganga s'occupe d'éloigner les mauvais esprits, de conjurer des sorts, d'intercéder auprès des fétiches, et il a sa part des cadeaux. Après 6 ou 7 jours, on remet la tshikombi parée de sa robe rouge d'innocence à son mari.

Nous ignorons si les Babuende connaissent ces pratiques.

Chez les Mayombe, l'existence d'une coutume semblable nous est signalée par le R. P. Lombaerts. « Une mère, dit-il, qui voit sa fille en âge de passer en puissance de mari, confine la jouvencelle dans la *nzokumbi* (la chambre de toilette) : cette toilette consiste à teindre en rouge vif la peau noire de la demoiselle. On y emploie une poudre nommée *tukula* qu'on obtient en frottant l'un contre l'autre deux fragments de bois tirés d'un arbre appelé *lukunga*. De petites pierres intercalées entre les deux fragments font office de papier de sable.

» Cette poudre humectée de temps en temps au moyen d'un peu d'eau, durant l'opération, est ensuite largement additionnée d'huile de palme, de manière à produire un vernis rouge, liquide et tenace. La dame qui procède à la toilette en prend en bouche une bonne gorgée qu'elle lance vigoureusement sur la figure, les bras, les jambes, le dos, sur tout le corps, en un mot, de la jeune fille. Ce vernissage se renouvelle journellement durant plusieurs semaines, suivant la fortune du fiancé, qui peut y couper court en versant le prix convenu pour l'achat de sa future (1). »

(1) Lombaerts, MISSIONS EN CHINE ET AU CONGO, XVIII (1906), 103-104, *La belle toilette d'une fiancée noire, devenue tout écarlate.*

Cette opération picturale n'a rien de pénible, et la réclusion est adoucie par les cadeaux qu'envoie le fiancé ; d'ailleurs, avant sa prison préventive, la fiancée a pu mettre en ordre les plantations de son futur mari qui l'a récompensée par plus d'une cruche de vin de palme. Au dire des noirs, ces cadeaux ne sont pas toujours reçus avec allégresse. La fiancée sait que les beaux jours de sa jeunesse sont passés et qu'il faudra demain, et pour la vie, servir en esclave cet homme aujourd'hui si généreux.

Pour le même motif, ce n'est pas toujours de leur plein gré que ces filles d'Ève entrent dans la chambre de toilette. La plupart, sinon toutes, n'y consentent qu'après bastonnade et souvent il faut les y garrotter.

A l'approche du mariage, les femmes du village de la jeune fille vont festoyer chez le futur mari, et le lendemain un repas de gala est servi chez le père de la jeune fille.

Baerts signale que, chez les Muserongo, la future épouse doit se retirer dans une case spéciale où elle reste généralement pendant trois mois. Là on lui peint tout le corps en rouge avec une matière nommée *kula* et c'est seulement après cette retraite que l'on procède à la célébration du mariage. D'après ce même auteur, le féticheur *N'ganga N'kisi* doit invoquer dans la *Nuzuaki N'kumbi*, le fétiche *N'bingu* chargé d'assurer la fécondité du mariage.

Chez les Kakongo, ces cérémonies se pratiquent non à la veille du mariage mais à l'âge de la puberté. Il semble que chez cette peuplade ces cérémonies soient des rites d'initiation. « Lorsqu'une jeune fille est nubile, dit le R. P. Campana, ses parents l'envoient, un beau jour et de grand matin, dans les champs, sous la conduite de quelque matrone qui a l'ordre de l'y garder jusqu'au soir. Elle est censée ne rien savoir de ce qui va se passer. Dès qu'elle s'est éloignée, sa mère fait appel aux voisines qui se réunissent aussitôt en grand

nombre pour procéder avec des morceaux d'écorces, du sable fin et des racines odoriférantes, à la confection d'une espèce d'ocre ou teinture rouge, appelée *takul*. Pendant que la mère préside cette opération, le père ordonne une petite hutte qui doit servir de lieu de retraite à sa fille pendant un certain temps et que l'on désigne vulgairement sous le nom de *Tinta*, ou maison de takul. Il en tapisse tout l'intérieur de nattes tressées, l'orne de tableaux et y installe des lits élevés à un mètre environ du sol. Au milieu de la hutte, est suspendue une trousse de mouchoirs munis de grelots. Celui qui les touche est condamné à payer soit une bouteille de tafia, soit une calebasse de vin de palme, une assiette ou autres objets de ce genre. Le soir venu, une troupe de femmes et de filles vont se cacher dans les herbes sur le chemin que doit suivre celle pour qui ont été faits tous ces préparatifs. Aussitôt qu'elles l'aperçoivent, elles se précipitent sur elle en criant *Kilumbiei*, nom qu'elle portera dans sa retraite, en lui jetant une poignée de takul, pour signifier qu'elle ne peut fuir ni éviter la case de Tinta. On l'emporte ensuite processionnellement au logis, pendant qu'elle pleure, gémit, se débat de toutes ses forces et maudit le jour qui l'a vue naître. Toutes ces démonstrations sont de pures formalités qu'elle est obligée de remplir sous peine de passer pour une impudente.

» Le joyeux cortège marche de bon ordre : en tête viennent les jeunes filles, mêlant leurs clameurs et leurs cris enthousiastes à ceux des vieilles matrones qui s'avancent majestueusement derrière elles. Les unes jettent à l'héroïne de la fête des feuilles en signe de joie, d'autres invoquent les esprits domestiques en lui souhaitant toutes sortes de prospérités et de bonheurs dans le monde où elle entrera au sortir de la case. Arrivé à la maison paternelle, le cortège se retire et la jeune Kilumbiei est introduite dans le logis qu'on lui a préparé. Là, elle pleure en attendant le sommeil.

Le lendemain matin, les jeunes filles qui ont fait partie du cortège vont la retrouver : elles lui font prendre un bain, la tatouent de takul et lui chargent les bras et les jambes d'anneaux de cuivre. La grandeur et le poids de ces ornements varient suivant la richesse et la condition des parents. Des colliers de corail et de perles lui sont passés au cou et les pagnes qui servent à l'habiller sont plongés dans le takul.

» Sous cet accoutrement, la pauvre Kilumbiei, résignée désormais à son sort, va prendre possession de la place qui lui est réservée au fond de la case : c'est là qu'elle doit passer deux ou trois lunes avec ses compagnes plus jeunes, dont elle est comme la maîtresse et qui doivent lui préparer le takul dont elle s'oindra le corps chaque jour.

» A la Kilumbiei est destiné le lit le plus bas et à ses compagnes les autres couchettes. Une personne est préposée d'une manière permanente à la porte de la case : elle a ordre de repousser quiconque voudrait y pénétrer.

» Si une jeune fille osait contracter mariage sans avoir passé par la maison de takul, les plus grands malheurs s'ensuivraient : les fétiches se déclareraient contre les habitants, la pluie cesserait de tomber, la terre deviendrait aride, la pêche serait infructueuse, les enfants qui naîtraient d'une telle union seraient regardés comme des monstres. Après cette retraite la jeune fille est bonne à marier et ses parents la donnent au plus offrant (1). »

Chez toutes les peuplades du Bas-Congo les fiançailles sont donc accompagnées des mêmes cérémonies, tantôt précédant immédiatement le mariage, tantôt se pratiquant à l'époque de la puberté. Comme la fille du Bas-Congo se marie, en général, quand elle a atteint

(1) Campana, MISSIONS CATHOLIQUES, XXVII (1895), pp. 29-30 et 40-42, etc. : *La mission catholique de Landana.*

l'âge nubile, nous pourrions peut-être considérer les cérémonies du Takul comme l'initiation à la vie privée. Ce qui frappe, en effet, dans ces cérémonies, c'est la réclusion à laquelle sont soumises toutes les filles des peuplades du Bas-Congo ; la défense d'entrer en relation avec les hommes, parents, amis, voire même avec le futur mari, l'éducation spéciale, les soins particuliers qui l'accompagnent et qui sont entièrement réservés aux femmes.

Les cérémonies du *Takul* sont pour la fille ce qu'est pour les garçons l'école des Bakimba.

III

MARIAGE

Chez toutes les peuplades du Bas-Congo, le mariage est un marché dont la femme est l'objet, les parents les vendeurs, et l'acheteur le futur époux. La femme n'est estimée qu'en raison des services qu'elle peut rendre. Les éléments de sa valeur se trouvent essentiellement dans la partie physique de son être : sa force, sa jeunesse, son activité, ses aptitudes et son expérience aux travaux des champs et du ménage, peut-être aussi sa beauté ; quant aux qualités morales, la douceur, la bonté, le caractère, il n'en est guère question.

Quand, chez les Kakongo, un jeune homme veut se marier, il offre, aux parents de la jeune fille qu'il s'est choisie, une somme plus ou moins élevée suivant les qualités corporelles de celle-ci et variant avec sa situation sociale ; si elle est fille d'esclave, le prix sera moins élevé que si elle est fille de parents libres ; si elle appartient à la noblesse ou à la famille régnante, sa valeur et le prix qu'on en offre s'élèvent beaucoup. Le prix d'une femme Bakongo varie de soixante à

cent-vingt cortades, soit environ soixante à cent-vingt francs. Il faut y ajouter quelques bouteilles de tafia que tout père bien avisé parviendra à extorquer à l'acheteur, au dernier moment.

Toute épouse dûment payée devient la propriété de l'acheteur, c'est sa chose, son bien à lui, il en fera ce qu'il voudra, en usera comme il l'entendra ; si la femme vient à mourir peu de temps après son mariage, le mari a le droit de réclamer aux parents le prix qu'il leur a payé, ou exiger d'eux une autre femme.

Le jour des noces, les parents, les voisins, les amis accourent de tous côtés au village des jeunes époux. On apporte un collier, un bracelet, un nouveau pagne aux couleurs voyantes, des grelots, des sonnettes, etc., que l'on offrira en cadeau. Tous les invités s'assemblent dans un endroit découvert à proximité de la case du nouvel époux et là on organise les danses au son d'instruments barbares et mêlées à des chansons de circonstance. Des orateurs improvisés (tous les noirs sont grands orateurs) vantent et élèvent aux cieux la généalogie, la richesse réelle ou fictive, la générosité de ceux dont on célèbre l'union. Pendant ce temps, le festin s'apprête, on mange beaucoup, on boit plus encore et généralement la fête ne finit que bien tard dans la nuit lorsque tous, invités et mariés, tombent exténués de fatigue.

Contractée sur des bases si fragiles, l'union des Kakongo n'est pas toujours heureuse. Il arrive que la femme mécontente de son époux quitte le foyer conjugal pour rentrer chez elle. Dans ce cas le mari tâchera de ramener la fugitive, mais devant un refus obstiné il exigera la restitution du prix de l'infidèle, moyennant quoi le divorce est prononcé. Le mari conserve tous ses droits jusqu'à dédommagement complet. La femme ne peut se remarier légalement et les enfants dont elle devient mère appartiennent de plein droit au mari.

La foi conjugale semble exister, mais on aurait tort d'en conclure que le lien du mariage soit bien fort. L'homme peut, à son gré, renvoyer sa femme quand il le juge bon. Si le mari n'use que très rarement de ce droit, c'est que son intérêt le fait réfléchir, car s'il agit ainsi sans motifs sérieux il perd sa femme et son droit à la restitution de la dot. Les cas de désertion de l'épouse sont, en somme, assez rares, et seuls les traitements inhumains peuvent la justifier. La question est portée devant le chef du village, qui juge en palabre publique de l'opportunité et du bien fondé de la séparation ; si la femme parvient à justifier sa conduite, le mari est dépouillé de ses droits.

Cette compréhension de la justice et la sévérité de son application constituent une des garanties du respect dont jouissent les femmes Muserongo. Le mari ayant tout avantage à bien traiter ses épouses, celles-ci jouissent d'une situation relativement bonne. Si l'on ajoute qu'en cas de divorce justifié par la femme, elle peut emmener avec elle ses filles, sources de richesses pour son mari, on comprendra la stabilité relative dont jouit la famille Muserongo.

Les Muserongo établissent une distinction très nette entre le mariage et le concubinage. L'indigène se marie dans la classe à laquelle il appartient ; il prend ses concubines dans les classes inférieures. Épouses ou concubines sont achetées par le mari, mais le consentement des parents est indispensable aux enfants pour contracter le mariage. Quand des deux côtés on s'est entendu et que le prix convenu a été payé, le père de la fiancée fixe la date du mariage et fait appel au féticheur pour qu'il procède aux cérémonies qui doivent rendre le mariage fécond.

Le prix élevé des femmes Muserongo limite la polygamie : on ne voit guère d'indigène ayant plus de cinq ou six femmes. A la différence de ce qui se passe chez les Kakongo, les jeunes mariés Muserongo ne

donnent leur festin de noce que le lendemain de leur mariage ; les amis et les parents des mariés y prennent part.

Chez les Mayombe, le mariage se fait par achat. D'après les renseignements du R. P. Aug. De Clercq, de Claessens, Vanden Plas et Gilmont, le fiancé paye et l'oncle maternel de la fiancée reçoit ; d'après Diederick, ce serait, sauf de rares exceptions, au père que reviendrait la dot. Mais les coutumes sociales des Mayombe nous montrent que l'affiliation utérine prédomine dans toute la contrée. Les renseignements du R. P. De Clercq sont confirmés par la plupart des explorateurs et concordent avec les coutumes juridiques de la peuplade. Toutefois sous l'influence de la civilisation, les droits de l'affiliation utérine tendent à disparaître devant le principe de l'autorité paternelle.

Quant aux cérémonies du mariage, les données varient beaucoup d'un auteur à l'autre. Claessens signale que le mariage est précédé de danses auxquelles participent surtout les jeunes gens et les jeunes filles. Louwers ajoute que c'est pendant cette fête publique que le fiancé enlève sa fiancée. Dès qu'on s'en aperçoit, les parents font mine de courir après eux, mais il est trop tard, ils sont dans la forêt et dès lors ils sont mariés.

Gilmont et Vanden Plas prétendent que ce n'est que le vingt-troisième jour que le fiancé a le droit d'entrer dans le chimbèque où séjourne sa fiancée pour consommer le mariage. Cette prise de possession conjugale s'accompagne d'un affreux tintamare exécuté par les habitants du village qui dansent et hurlent autour du chimbèque. Si tout s'est passé régulièrement, le jeune

(1) Gilmont, Congo belge, II (1897), pp. 137-138, 149-151, 161-163, 186-187, 197-199 : *Le Mayombe* ; Van den Plas, Bulletin de la Société de Géographie d'Anvers, XXIII (1899), pp. 39-76 : *Le Mayombe* ; idem Le Mouvement antiesclavagiste, XIV (1902), pp. 247-258, 284-290, 317-323 et 353-359 : *Le Mayombe*.

mari sort de sa hutte : il est ovationné et l'on boit du malafu à la ronde ; mais s'il n'a pas été à la hauteur de ses devoirs, c'est la femme qui sort la première ; le malheureux est conspué et devient l'objet du mépris public. Il lui sera bien difficile de trouver une femme (1). Enfin Cabra signale que la jeune fille se rend dans la case que lui réserve son mari à la nuit tombée sitôt que le prix convenu a été payé. Elle en sort avant le lever du jour et cela pendant un certain nombre de jours, durant lesquels amis, parents et connaissances font fête. Dans certains villages, la jeune épouse devra passer devant le fétiche *Nkonde* qui préside aux œuvres du mariage, avant d'entrer dans la hutte conjugale. Le mariage par rapt dont parle Louwers et le mariage à l'essai que signalent Gilmont, Vanden Plas et Cabra sont autant de points qui demandent confirmation.

Si nous comparons aux renseignements de ces différents auteurs les documents du R. P. Lombaerts, nous constatons que les Mayombe consacrent l'hymen non par un, mais par deux festins. L'un est donné par le futur mari aux parents, amis et connaissances de la jeune fille, l'autre est à la charge du père de celle-ci et est offert aux parents, amis et connaissances du futur mari. Le jour des noces, les gens du village de la nouvelle mariée garrottent la jeune fille pour la porter dans cet état chez son mari.

L'époque du mariage des filles coïncide généralement avec l'âge nubile ; quant aux jeunes gens, ils se marient d'ordinaire vers la vingtième année et même plus tard. Cette différence se conçoit très bien : l'homme devant acheter sa femme, il lui faut le temps, l'occasion et le courage de rassembler les ressources nécessaires. Le prix monte parfois à plusieurs milliers de brasses d'étoffes, sans compter les cochons, les charges de poudre et les dames-jeanne de vin. Dans ces conditions, le jeune homme Mayombe se marie quand il peut.

Malgré la polygamie qui règne au Mayombe, les jeunes gens ne se marient que dans leur classe. Les hommes libres se choisissent comme épouse une jeune fille de parents libres, les concubines sont des filles d'esclaves. Les enfants nés de ces unions secondaires suivront, d'après les coutumes du pays, la condition de la mère. Enfin la dissolution du mariage Mayombe donne lieu à des palabres sans fin, où les parties engagées tâchent d'obtenir le plus de compensation possible. Les causes de rupture sont d'ailleurs toujours les mêmes. La femme étant en quelque sorte prêtée au mari dans l'intérêt de l'accroissement et de la prospérité de la famille, il semble logique aux Mayombe d'exiger la restitution de la dot quand la femme est stérile, quand elle vient à mourir trop tôt, ou encore quand elle se rebute de son mari et rentre dans la hutte de ses parents.

Dans les deux premiers cas, la restitution intégrale du prix donné est admise par la coutume, dans le dernier cas l'usage veut que l'on juge la question en tenant compte des motifs qui ont conduit la femme à déserter le toit conjugal. Si le mari a tort, il perd ses droits ; si la femme n'obtient point gain de cause, elle doit rentrer au foyer conjugal, ou le mari a le droit d'exiger la restitution de la dot.

Dans la région des Cataractes, les droits du mari varient suivant la situation sociale de son épouse. Femme esclave, il peut en disposer comme cela lui convient ; femme libre, il a le droit de la renvoyer à ses parents contre restitution de la dot en cas de justification de son renvoi. Ici le R. P. Struyf nous signale cependant que chez les Bakongo la fille libre mariée peut toujours retourner dans sa Kanda, sa famille du côté maternel, si des difficultés surgissent dans son ménage. C'est là une différence profonde entre les droits de la fille libre et de la fille esclave.

Chez les Basundi, la coutume veut que si la femme procure au mari plus de richesse qu'il n'était en droit d'en espérer légitimement, ses parents puissent exiger un paiement supplémentaire. La femme peut faire valoir ses droits et devant un traitement inhumain divorcer en toute liberté. Ses enfants la suivent dans ce cas tout en conservant leurs droits sociaux.

Les enfants de Basundi suivent en général la condition de leur père, sauf quand une fille de chef vient à épouser un esclave. Dans ces conditions les coutumes admettent que la fortune qu'acquiert l'époux le rend libre, et ses enfants jouiront des mêmes droits. Même le fils aîné, issu de cette union, peut devenir chef de la tribu à condition qu'il soit très riche et que le chef n'ait point d'autres sœurs.

Chez les peuplades dont parle Van de Velde et spécialement chez les Bakongo, le mariage donne lieu à de grandes fêtes à la charge du nouveau mari. On y invite les parents, amis et connaissances des mariés. Le plat essentiel est un porc copieusement arrosé de malafu ; les chants, la musique, la danse ne manquent pas.

Le R. P. Prevers nous signale qu'à l'entrée du village Kibambi situé au cœur du pays Bakongo, il a observé un petit édicule en terre glaise blanchie et toute chargée d'hiéroglyphes aux couleurs crues. « C'est, dit-il, le *Nzolongo*, petit sanctuaire d'un mètre carré où s'accomplissent les cérémonies du mariage. » L'existence de ce sanctuaire et le fait que c'est là que s'accomplissent les cérémonies du mariage nous prouvent que ces cérémonies existent, mais jusqu'ici nous n'en connaissons pas les détails.

Dans ce pays où la polygamie bat son plein, ces pratiques doivent se répéter bien souvent ; tout indigène les connaît et dans ces conditions les recherches doivent être relativement aisées. Remarquons cependant que nous ne prétendons pas que tout Bakongo

passe autant de fois qu'il a de femmes par les cérémonies du mariage. En réalité, ces cérémonies n'accompagnent que l'union d'un homme libre à une femme de sa classe, alors que le Bakongo a le droit d'acheter des femmes esclaves pour en faire sans plus de façon ses concubines. Ces femmes sont chargées des gros travaux, elles vivent sous la domination de leur époux et doivent obéissance et respect à la femme libre de leur seigneur et maître. Leurs enfants suivront la condition de leur mère. Les droits de ces malheureuses sont nuls. Elles n'ont aucun moyen de se soustraire aux mauvais traitements et aux durs travaux que leur impose leur mari, tandis que les femmes libres peuvent faire appel à la justice, s'enfuir du foyer, rentrer chez leurs parents au risque de voir ceux-ci obligés de restituer la dot que leur paya le mari abandonné.

La femme du Bakongo est généralement très respectée. On évite de tenir des propos grossiers en sa présence. Elle n'a rien à voir toutefois dans la gestion de la communauté dont le mari est le chef incontesté. Quant au prix qu'on en donne, il est, à peu de chose près, le même que chez les autres tribus du Bas-Congo, et varie suivant les aptitudes et la situation sociale des femmes. L'adultère de la femme est considéré comme une faute grave qui entraîne invariablement un châtiment plus ou moins sévère des deux coupables.

Les cérémonies du mariage sont uniformes dans toute la région du Bas-Congo, mais nous en ignorons le détail.

Souhaitons que les colons, les explorateurs et spécialement les missionnaires nous renseignent sur ces us et coutumes, qu'il importe d'autant plus d'observer et de recueillir, que par la pénétration de la civilisation, nous les verrons disparaître bientôt de la vie de l'indigène et se perdre dans l'oubli.

J. Maes.

LA PHYSIQUE SOLAIRE

DEPUIS TROIS SIÈCLES

Il y a trois siècles que les astronomes étudient le Soleil. L'entreprise est ardue à ce point que les nombreuses et brillantes conquêtes qui ont couronné leurs efforts, soulèvent plus de problèmes et de plus délicats qu'elles n'en résolvent.

Nous voudrions repasser par les chemins que ces explorateurs ont suivi et, en rappelant leurs découvertes, constater l'enchaînement de leurs travaux.

Les théories tiendront peu de place dans cet exposé (1) : c'est aux méthodes et aux faits d'observation surtout que nous nous attacherons. Dès lors, la marche à suivre semble tout indiquée : l'ordre historique des découvertes se confondant avec celui de l'invention et du perfectionnement des instruments qui les ont rendues possibles, nous partagerons ce travail en quatre chapitres que nous intitulerons : la *Lunette*, le *Spectroscope intégrant*, le *Spectroscope analyseur* et les *Spectrographes*.

(1) Consulter l'excellent ouvrage de M. J. Bosler, astronome à l'Observatoire de Meudon, *Les Théories modernes du Soleil*, Paris, O. Doin, 1910.

I

LA LUNETTE

L'invention de la lunette et son application, en 1610, aux observations célestes ouvrent, en astronomie, une ère d'immenses progrès. C'est vers la Lune, les planètes, la voie lactée que Galilée la dirigea d'abord : l'éclat relativement faible de ces astres l'y invitait. Il put, sans inconvénient pour ses yeux et avec grand profit pour la science, accumuler leurs rayons au foyer de sa lunette : c'est ainsi que quatre des satellites de Jupiter, trop faibles pour être vus à l'œil nu, lui révélèrent leur existence.

Mais il n'en va pas ainsi du Soleil. C'est en nous aveuglant par sa trop grande lumière qu'il nous dérobe ses secrets, et l'œil armé surtout s'expose à ses représailles. Dans l'impossibilité de l'attaquer de front, on chercha à s'en rendre maître par surprise. On guetta son lever le matin, le soir son coucher, et l'on mit à profit, au cours de la journée, le voile transparent du brouillard ou l'ombre légère d'un nuage : c'est de ces observations fugitives que sortit la première découverte solaire, celles de *taches* obscures, instables et de formes capricieuses dont la *photosphère* paraît parfois souillée (1).

On s'avisa bientôt qu'un verre teinté placé devant l'oculaire de la lunette permet des observations prolongées, à toute heure du jour et par ciel pur. On reconnut alors que le *noyau* sombre des taches s'entoure d'une *pénombre* rayonnée qu'accompagnent souvent des plages brillantes qu'on appela *facules*.

Enfin, l'idée vint d'utiliser la lunette, non plus pour

(1) C'est ainsi que Galilée observa les taches jusqu'au 8 mai 1612, époque à laquelle un de ses disciples, Benedetto Castelli, lui apprit à les projeter sur l'écran.

regarder directement le Soleil, mais pour en projeter l'image sur un papier blanc ; on put dès lors dessiner les taches et les facules, étudier à loisir leur structure, mesurer leur étendue, suivre leurs déplacements apparents et leurs transformations incessantes.

De nos jours, l'invention de la photographie a substitué à la lunette une chambre noire et au papier blanc une plaque sensible où le Soleil, définitivement vaincu, imprime lui-même tous les traits de sa face ; toutefois, le dessin n'a pas cessé d'être utilement employé.

Dès qu'ils furent en possession de la méthode d'observation sur l'écran, Galilée et son rival, le P. Scheiner, entreprirent des observations suivies dont ils surent tirer un excellent parti. De nombreux dessins de la photosphère, soumis à un examen systématique, leur apprirent que les taches et les facules lui sont intimement liées : leurs mouvements apparents résultent d'une rotation du Soleil sur lui-même qui les emporte comme la Terre, dans son mouvement diurne, emporte les *nuages* de notre atmosphère. Cette hypothèse, proposée et habilement soutenue par Galilée, ne tarda pas à s'imposer.

On s'ingénia dès lors — et ici la part de Scheiner est considérable — à déterminer approximativement les constantes de cette rotation : la direction de son axe par rapport au plan de l'écliptique, et sa vitesse angulaire. Les transformations incessantes des taches et leur durée souvent éphémère rendaient cette recherche délicate. La patience triompha des difficultés, et on put identifier les trajectoires moyennes d'un certain nombre de taches avec des cercles parallèles du globe solaire, parcourus en 27 jours à peu près (1), et inclinés de 7° environ sur l'écliptique. Du

(1) La durée de cette rotation, corrigée de l'effet du déplacement de l'observateur terrestre, est égale à 25 jours environ à l'équateur.

même coup, on reconnut que les taches restent habituellement confinées en deux zones situées de part et d'autre de l'équateur solaire, de 5 à 35 degrés en moyenne. Scheiner leur donna le nom de *zones royales* qu'elles ont gardé.

Les successeurs immédiats de Galilée et de Scheiner n'ont rien ajouté à ces premières constatations. Il faut attendre plus d'un siècle cette observation que fit Wilson en 1769 : en étudiant les changements d'aspect que présente une tache calme et régulière, au cours de son passage du bord Est au bord Ouest du Soleil, il crut y découvrir les effets de perspective qu'offrirait *un cratère creusé dans la photosphère*, se présentant de biais, aux bords, et de face au centre du disque solaire. Scheiner avait eu déjà cette impression et l'avait consignée dans son livre *Rosa Ursina*; aujourd'hui elle n'est plus partagée sans réserve par tous les observateurs : des discussions qui se sont élevées à ce sujet, il faut conclure que si les taches sont des cavités, leur profondeur, relative au niveau moyen de la *photosphère*, est très variable.

Autour des taches, les premiers observateurs, avons-nous dit, avaient signalé la présence habituelle de plages brillantes qu'ils ont appelées *facules*. Maintenant, comme alors, l'observation visuelle ne les distingue nettement qu'aux bords du disque solaire, moins brillants que les régions centrales, mais elle les retrouve à toutes les latitudes. A la limite même du disque, elles se projettent parfois en saillie sur le fond du ciel. W. Herschel, qui signale ce fait, y voit la preuve — et il en est d'autres qui l'appuient — que les facules sont des *parties surélevées* de la photosphère et dominant sa surface moyenne. Celle-ci d'ailleurs est loin d'être lisse et uniformément lumineuse. On y voit partout des *granulations* brillantes, sorte de facules minuscules, se détachant sur un enchevêtrement de

rides que le contraste assombrit et dont l'ensemble a reçu le nom de *réseau photosphérique*. C'est la photographie qui nous a révélé ces détails, mais ils n'avaient pas absolument échappé à Scheiner : il insiste, en effet, sur l'*aspect chagriné* de la surface du Soleil (1), qu'il compare tantôt à la peau qui recouvre le lait caillé, tantôt à une mer agitée par la tempête. On pourrait la rapprocher aussi du spectacle qu'offre, à un observateur qui la domine, une couche continue de nuages vivement éclairés par le Soleil,

Les facules sont beaucoup plus nombreuses que les taches, mais elles ont avec elles d'étroites relations. C'est au sein d'une facule, très souvent, que naît et se développe la tache : elle s'en fait une couronne, s'y dissout et la laisse briller après elle à la place qu'elle occupait.

Pendant que les observateurs accumulaient les dessins de la photosphère, d'autres chercheurs, curieux de statistiques, mettaient ces documents en œuvre et en dégageaient des lois du plus grand intérêt.

Rien n'est irrégulier, au premier regard, comme l'apparition des taches sur le disque solaire : tantôt elles abondent, tantôt elles se font rares jusqu'à disparaître complètement. Le hasard cependant ne préside pas à leur naissance. En compulsant un très grand nombre d'observations embrassant une longue suite d'années, Schwabe fut amené, en 1843, à énoncer cette conjecture bientôt transformée en certitude : *Le nombre annuel des taches solaires est soumis, au cours du temps, à une variation périodique dont la durée est de 11 années environ.* Pendant trois ans, leur fréquence augmente progressivement : elle reste stationnaire pendant un an ou deux, puis diminue au cours

(1) « Solis superficies leniter crispa. »

des six ou sept années qui suivent, pour reprendre indéfiniment le même cycle de variations (1).

Les taches, nous l'avons vu, ne sortent pas des *zones royales*, mais, entre les limites de +35° et —35°, leur latitude peut prendre toutes les valeurs. Ici encore les caprices du hasard sont dominés par une loi qui rattache la situation des taches à leur fréquence périodiquement variable : aux époques de *maxima*, c'est aux latitudes voisines de 16° que les taches apparaissent surtout, pour se rapprocher de l'équateur solaire en même temps que leur nombre diminue. Un peu avant qu'il ait atteint son *minimum*, elles commencent à se montrer aux latitudes élevées, vers 30 ou 35 degrés, pour redescendre peu à peu et recommencer la même cascade. C'est la *loi de Spoerer*.

Enfin, une troisième découverte très inattendue et très importante sortit de ces recherches statistiques. Scheiner avait remarqué que la durée de la rotation du Soleil sur lui-même, déduite du mouvement apparent des taches, variait entre des limites assez larges, mais il attribuait ces écarts aux erreurs d'observation. Carrington (1853-1861), en étendant systématiquement les travaux de Scheiner à un grand nombre de taches de *latitudes différentes*, fit voir que le Soleil ne tourne pas sur lui-même à la façon d'un corps solide : sa vitesse angulaire, maximum à l'équateur, décroît régulièrement de l'équateur vers les pôles (2). La durée de

(1) La courbe qui représente ce phénomène rappelle celles qui traduisent les changements d'éclat de certaines étoiles variables : dans les deux cas, la croissance est plus rapide que le déclin ; mais il ne faut point perdre de vue que la courbe stellaire traduit les variations de la lumière globale de l'étoile et nous est fournie par des mesures photométriques, ce qui la différencie de la courbe de Schwabe.

(2) Carrington a condensé les résultats de ses recherches, en les généralisant, dans cette formule empirique, où λ représente la latitude :

$$\text{mouvement angulaire diurne} = 865' - 165 \sin \frac{7}{4} \lambda.$$

Faye a substitué plus tard au second membre de cette formule l'expression plus simple et qui rend également bien compte des observations :

$$862' - 186' \sin^2 \lambda.$$

la rotation équatoriale est de 25 jours, à peu près ; à la latitude de 20°, elle s'est accrue de 18 heures et elle atteint 26 jours et demi à 35° dans les deux hémisphères. C'est à cette zone qu'il faut, en toute rigueur, limiter les conclusions de Carrington : les taches, en effet, ne peuvent nous guider, dans cette recherche, aux latitudes plus élevées où elles cessent de se montrer. A leur défaut, on a interrogé les facules, mais leur instabilité, l'absence de points de repère sûrs, rendent les mesures difficiles et très incertaines. Le spectroscope nous fournira plus tard un tout autre moyen d'aborder ce problème délicat.

Avant même que les lois que nous venons de rappeler aient été découvertes, d'autres travailleurs non moins opiniâtres mais avides surtout d'applications utiles, dépensaient leur activité dans une voie différente. Les taches du Soleil étaient à peine découvertes que déjà on leur attribuait une influence dominatrice sur la pluie et le beau temps. L'idée devint obsédante après que Schwabe eut constaté l'allure périodique qu'affecte la fréquence de ces accidents solaires, et on a dépensé depuis une somme énorme de travail à rechercher les traces de cette périodicité dans la succession, en apparence capricieuse, des années chaudes et des années froides, des années sèches et des années pluvieuses. « Sur cette question, écrit Young (1), le monde astronomique est divisé en deux camps presque hostiles, tant la différence des opinions est tranchée et la discussion vive. L'un des partis soutient que l'état de la surface solaire est un facteur déterminant de notre météorologie terrestre, qui se fait sentir dans la température, la pression baro-

(1) *Le Soleil*, par C.-A. Young (traduction française publiée dans la *Bibliothèque scientifique internationale*, n° XLIV). Paris, Germer Baillière, 1883, p. 121.

métrique, les pluies, les cyclones, les récoltes et même dans notre situation financière, et que, par conséquent, on doit surveiller le Soleil avec le plus grand soin, pour des raisons aussi bien économiques que scientifiques. L'autre parti soutient qu'aucune influence sensible n'est et ne peut être exercée sur la Terre par des variations aussi faibles de la lumière et de la chaleur du Soleil...

» Il nous semble assez évident que nous ne sommes pas encore en état de trancher la question dans un sens ou dans l'autre ; pour la résoudre il faudra une période d'observation bien plus longue, et des observations faites spécialement en vue du sujet en question. En tous cas, les données dont nous disposons actuellement ont fourni des conclusions tout à fait opposées à des hommes fort habiles et fort laborieux. »

Il y a vingt ans que Young portait ce jugement. Si l'on se place au point de vue du grand public qui attend la *prévision du temps* de demain, il ne paraît pas que le jour soit venu d'y rien changer. Les résultats de cette laborieuse enquête ne sont guère plus concordants aujourd'hui qu'ils ne l'étaient alors. Sur la foi de statistiques d'égale valeur et manipulées avec la même habileté, on continue à soutenir, par des arguments équivalents, le pour et le contre, sans que la vraisemblance nous aide à trancher le débat, car on n'est pas d'accord sur les faits fondamentaux qui doivent servir de base à semblables recherches.

Sans doute, toute notre météorologie est tributaire des rayons du Soleil. La lumière chaude qu'il nous octroie est un capital qu'il répartit avec la même générosité entre toutes les régions de même latitude, et qu'il abandonne, pour qu'ils le fassent valoir de façons très différentes, aux facteurs climatériques locaux : c'est leur gestion qu'enregistrent nos instruments météorologiques et, indirectement, la générosité du bien-

faiteur. Certes, il est vraisemblable, il est certain même que l'activité *des différentes plages du Soleil* varie et que les taches et les facules sont les signes les plus apparents de ces *variations locales*. Mais dans quelle mesure modifient-elles *la radiation solaire globale?* Que valent ces variations au regard de l'activité moyenne du Soleil et à la distance qui nous sépare du foyer? Dans quelle mesure les *facteurs climatériques locaux* en sont-ils affectés ? Le sont-ils assez et les données brutes des observations météorologiques courantes sont-elles suffisamment précises pour que l'on puisse confier au *calcul des moyennes* le soin d'en dégager l'influence de ces variations sans lui attribuer un pouvoir magique qu'il ne possède pas? — Sur tout cela nous n'avons aucun renseignement de valeur.

On s'est donné beaucoup de peine pour mesurer la *constante solaire*. On donne ce nom, depuis Pouillet, à la quantité de chaleur, exprimée en petites calories, que nous recevons du Soleil, sous l'incidence normale, par centimètre carré de surface et par minute. Les résultats sont peu concordants et on n'a pu, jusqu'ici, y découvrir la trace d'une variation périodique rappelant la loi de Schwabe.

Pouillet avait trouvé, pour la valeur de cette constante, $1^{cal},763$; les observations récentes font osciller ce nombre entre 2^{cal} et $2^{cal},5$. L'incertitude provient surtout de l'influence considérable qu'exerce l'absorption variable des radiations solaires par l'atmosphère terrestre : il est impossible de s'y soustraire et très difficile de l'apprécier. On conçoit dès lors que l'étude des *variations* possibles de la constante solaire soit à peine ébauchée; elle figure au programme de l'*Union internationale pour la coopération dans les recherches solaires;* attendons ses résultats.

A la mesure de la constante solaire se rattache le calcul de la *température* du Soleil. Le chemin qui

conduit de l'une à l'autre passe aussi par l'atmosphère; il est donc encombré des mêmes obstacles. De plus, il nous introduit en des régions où la matière évolue dans des conditions physiques tout autres que celles que nous réalisons dans nos laboratoires, ce qui rend suspecte l'application là-haut des lois empiriques reliant ici le rayonnement à la température du corps rayonnant.

On est parvenu cependant à vaincre ces difficultés de mieux en mieux. On sait aujourd'hui que la *température effective* du Soleil est comprise entre 6000 et 12000 degrés centigrades et est probablement voisine de 7000 ou 8000 degrés (1). La marge est large, mais nous avions le choix, il y a quelques années, entre 1500 et quelques millions de degrés.

Si l'étude comparée des statistiques des taches du Soleil et des observations météorologiques locales n'a conduit jusqu'ici à aucun résultat bien net et absolument certain, il n'en a pas été de même du rapprochement des phénomènes solaires et des perturbations magnétiques du Globe.

Au moment où s'imposait la loi de Schwabe, John Lamont découvrait dans les observations de la déclinaison magnétique, faites à Göttingen et à Munich, de 1835 à 1850, les traces d'une périodicité de 10 à 11 ans. Sa surprise fut grande : personne, en effet, n'avait soupçonné jusque-là que la Terre pût être rattachée au Soleil par d'autres liens que ceux de la gravitation et du rayonnement lumineux et calorifique.

On sait que l'aiguille aimantée de nos boussoles de

(1) Les diverses parties de la surface du Soleil ne sont pas à la même température. On convient d'appeler « température effective » celle qu'aurait un corps noir (c'est-à-dire une surface qui absorberait également et totalement toutes les radiations) si, placé à la distance du Soleil, il nous envoyait précisément la chaleur correspondant à la valeur observée de la *constante solaire*. Cette « température effective » est la seule qui soit actuellement accessible à nos investigations. (J. Bosler, *op. cit.*, p. 119).

déclinaison n'est pas fixe : le moment du couple qui la maintient dirigée à peu près vers le Nord géographique varie et lui impose des oscillations diurnes, annuelles et séculaires, heureusement très faibles, sur lesquelles se superposent parfois des divagations désordonnées plus étendues, auxquelles on a donné le nom d'*orages magnétiques*.

Dans nos régions, au cours d'une journée normale, l'aiguille aimantée se rapproche lentement du Nord géographique jusque vers huit heures du matin; elle s'en écarte ensuite peu à peu jusqu'à deux heures de l'après-midi, pour s'en rapprocher de nouveau le lendemain. C'est l'amplitude variable de cette oscillation diurne que Lamont trouva soumise à des augmentations et à des diminutions régulières dont la période lui parut être de 10 ou 11 ans.

L'hiver suivant, Sir Edward Sabine, qui n'avait point connaissance des travaux de Lamont, entreprenait une étude analogue des observations magnétiques de Toronto et de Hobarton (Tasmanie), en portant son attention, non pas sur la variation diurne régulière de l'aiguille aimantée, mais sur ses divagations brusques et capricieuses. Il trouva que les *orages magnétiques* se faisaient périodiquement plus violents et plus fréquents. Il compara la marche du phénomène à la courbe tracée par Schwabe pour la fréquence des taches solaires, et il eut la satisfaction de constater leur concordance presque absolue : les deux courbes se suivent dans presque toutes leurs sinuosités ; leurs périodes sont identiques, leurs phases même se copient. Les recherches ultérieures ont pleinement confirmé cette étroite relation et l'ont fait retrouver dans les oscillations de l'aiguille d'inclinaison et dans l'intensité totale du champ terrestre. Elles ont permis de plus de l'étendre à la fréquence variable des *aurores boréales*

que l'on savait d'ailleurs, depuis les travaux d'Arago, intimement liées aux *orages magnétiques*.

Si l'influence magnétique du Soleil sur le champ terrestre est certaine, la manière dont elle s'exerce se prête à bien des conjectures.

On a songé d'abord à faire du Soleil un aimant agissant *directement* sur l'aimant terrestre. L'idée n'est pas abandonnée, malgré les difficultés qu'elle soulève ; mais l'hypothèse d'une action *indirecte* rencontre aujourd'hui plus de faveur. Les interprétations varient, mais elles ont ce trait commun qu'elles utilisent tour à tour des découvertes physiques modernes : les rayons cathodiques, les électrons et l'ionisation des gaz, voire les ondes hertziennes dont on use volontiers comme d'un remède nouveau dans les cas difficiles. Nous y reviendrons quand l'étude de l'atmosphère solaire nous aura préparés à comprendre la genèse de ces théories et le mécanisme qu'elles mettent en jeu.

II

LE SPECTROSCOPE INTÉGRANT

S'il est aisé de nous garantir de l'éclat trop intense des *rayons directs* du Soleil, il paraît impossible de nous soustraire à sa *lumière diffuse*. C'est en illuminant l'air qui nous entoure que le Soleil nous dérobe le ciel étoilé, et nous eussions ignoré l'existence de sa propre atmosphère et des phénomènes dont elle est le siège si la Lune ne conspirait avec nous pour nous plonger, en de rares circonstances et pendant de courts instants, dans une nuit artificielle qui surprend le Soleil au-dessus de l'horizon.

Jusqu'au début du XIXe siècle, pendant la durée toujours très courte de la totalité des éclipses du Soleil, il

fut donné aux astronomes que le hasard avait placés sur le trajet de l'ombre de notre satellite, de voir les étoiles en plein jour et d'admirer ce qu'ils ont appelé la *couronne* et ses *rayons*, la *chromosphère* et ses *protubérances* ; mais ces apparitions fantastiques et fugitives n'eurent d'autres résultats que de soulever des discussions sans issue. Cette auréole immense, cette gloire gigantesque, ces reflets d'incendie appartenaient-ils au Soleil ou à la Lune ? Fallait-il y voir le prolongement lumineux de la photosphère, ou le résultat de la diffusion des rayons solaires par les poussières cosmiques, ou encore une illusion créée par une colossale expérience de diffraction ?

Les éclipses de 1842, de 1851 et de 1860 précisèrent un peu les données d'observation et firent prévaloir l'hypothèse de la réalité matérielle de ces phénomènes et de leur connexion probable avec le Soleil, mais en laissant ouverte la question de leur interprétation. Pour la trancher définitivement, il fallut attendre le couronnement des belles recherches de Newton sur la dispersion de la lumière : l'invention du spectroscope et l'étude des spectres d'émission et d'absorption, élevée à la hauteur d'une doctrine nouvelle et infiniment féconde, l'*analyse spectrale*.

Nous ne songeons à donner ici ni la description détaillée des appareils, ni la technique, ni les théories de la spectroscopie astronomique (1). Les notions indispensables à l'intelligence des plus belles découvertes solaires doivent seules être rappelées ; elles sont heureusement du domaine de la physique élémentaire et on peut les rattacher au spectroscope le plus simple, celui que tous nos lecteurs ont pu voir dans les laboratoires de physique.

(1) On trouvera un excellent exposé de ces questions dans l'ouvrage de M. P. Salet, *Spectroscopie astronomique*. Paris, Doin, 1909.

De même que le chant d'une corde tendue résulte le plus souvent de la superposition de plusieurs sons simples, le rayonnement d'une source lumineuse est, en général, un mélange de radiations élémentaires, différant entre elles, au point de vue physiologique, par la *couleur* — ce qui leur vaut d'être appelées *monochromatiques* — et au point de vue physique par la *période* ou la *longueur d'onde* dans le vide. Disons plus simplement — et ceci suffit à notre but — qu'elles diffèrent entre elles par leur *réfraction* quand elles passent de l'air dans le verre taillé en prisme ou en lentille. Ainsi, quand un faisceau parallèle composé de plusieurs lumières simples, rouge et bleue, par exemple, rencontre un prisme, la réfraction qu'il subit en le traversant impose à chacune de ces lumières simples un *chemin différent :* les rayons rouges et les rayons bleus qui, à l'incidence, cheminaient de concert, se séparent à l'émergence et se propagent en deux faisceaux distincts, respectivement parallèles, mais non plus parallèles entre eux : c'est le phénomène de la *dispersion*.

Il est possible d'associer deux lentilles de *verres différents* et de *courbures* telles que l'ensemble *réfracte* un faisceau de lumière composée *sans dispersion sensible :* on dit alors de cette lentille double qu'elle est *achromatique*. L'objectif et l'oculaire d'une lunette, l'objectif d'une chambre photographique sont achromatiques. Notre œil l'est aussi ; c'est pour cela qu'il est impuissant à discerner les lumières simples dont le mélange constitue la lumière composée qui le frappe : c'est celle-ci qui l'affecte et qu'il qualifie.

La construction et le fonctionnement du spectroscope reposent sur ces données élémentaires.

Une *fente* de largeur variable s'ouvre dans le plan focal principal d'une lentille achromatique et forme avec elle le *collimateur*. Un *prisme*, dont les arêtes

sont parallèles à la fente, fournit l'*organe dispersif*. Une *lunette d'observation*, dont l'objectif recueille les faisceaux élémentaires de la lumière dispersée, complète l'appareil.

On peut se servir du spectroscope de plusieurs manières ; voici la plus simple. Imaginons une source de lumière quelconque, la flamme d'un bec de gaz, par exemple, et dirigeons vers elle le *collimateur*. Dans ces conditions, *chaque point de la flamme* concourt à l'éclairage de la *fente tout entière ;* celle-ci devient donc une sorte de foyer secondaire, rigoureusement localisé, nettement délimité, dont *chaque point rayonne la lumière globale de la source réelle*. Une partie au moins de ce rayonnement de la fente tombe sur la lentille achromatique du *collimateur* qui la réfracte, *sans la disperser*, et la dirige en un faisceau parallèle sur la face d'incidence du prisme. Celui-ci la *réfracte* à son tour mais en la *dispersant*. Voici les rayons rouges, tous parallèles entre eux, qui émergent du prisme et tombent sur l'objectif achromatique de la lunette d'observation ; ils se réfractent et vont former une *image aérienne rouge de la fente* dans le plan focal principal de cet objectif. Les rayons bleus, les rayons des diverses couleurs qui entrent dans la composition de la *lumière globale* du bec de gaz s'emploient de même à peindre une image de la fente de leur propre teinte. Ces images *ne se superposent pas dans la même région de l'espace*, puisque les faisceaux lumineux de couleur différente qui leur ont donné naissance ont abordé la lunette d'observation dans des directions différentes : elles *se juxtaposent*, sans empiéter l'une sur l'autre si les réfractions — si les teintes propres — des lumières correspondantes sont suffisamment différentes, mais en *se recouvrant partiellement* dans le cas contraire.

Ces images monochromatiques se partagent donc la *lumière globale* rayonnée par la fente et on donne à leur ensemble le nom de *spectre d'émission* de la source éclairante. On le regarde à travers l'oculaire de la lunette d'observation qui le grossit.

Si c'est vers le Soleil que l'on a orienté le collimateur, le spectre qui se formera sera celui de la *lumière globale de la photosphère*. Nous verrons tantôt sous quel aspect il se présente.

Abstraction faite des phénomènes de *luminescence*, l'émission normale de la lumière est liée à la température du corps rayonnant. L'expérience nous apprend que tous les corps solides ou liquides, quelle que soit leur espèce chimique, considérés sous une épaisseur suffisante, deviennent rouge sombre vers 500° ; quand on augmente leur température, ils passent au rouge vif, et enfin au rouge blanc. Si à l'observation visuelle nous substituons l'examen spectroscopique de la lumière émise au cours de l'échauffement, nous constatons que c'est l'extrémité *rouge* du spectre qui apparaît d'abord avec une grande intensité relative; peu à peu le spectre s'étend et s'enrichit de l'orangé, puis du jaune,... et finit bientôt par étaler, *sans aucune solution de continuité*, toutes les teintes jusque et y compris le violet. *Les corps solides et les corps liquides incandescents, émettent donc un spectre continu*, plus ou moins *complet* suivant leur température (1).

Les *flammes éclairantes* se comportent de la même manière parce qu'elles tiennent en suspension des particules solides ou liquides incandescentes, d'où émane surtout leur lumière : *leur spectre est continu*.

Il en va tout autrement des vapeurs et des gaz

(1) Certaines *terres rares* chauffées en couches minces émettent un spectre continu, sillonné de raies brillantes distinctes.

rendus lumineux : ils n'émettent pas, comme les solides et les liquides, des rayons de toute couleur, mais uniquement, ou au moins principalement, des rayons de quelques couleurs, bien déterminées, toujours les mêmes pour un même corps, dans les mêmes conditions, mais différentes d'un corps à l'autre. Ainsi, *les gaz et les vapeurs émettent des spectres discontinus*, formés de traits lumineux, séparés par des intervalles obscurs occupant la place des radiations absentes (1). Dans des conditions données de température, de pression, de milieu, chaque gaz, chaque vapeur, nous livre donc, par son spectre d'émission, le signalement très net et très précis de son espèce chimique.

Ce fait capital est une des bases de l'*analyse spectrale* créée en 1860 par Bunsen et Kirchhoff. A tous les caractères spécifiques auxquels les chimistes avaient recours jusque-là pour déterminer la nature d'une substance ou en découvrir la présence dans un mélange complexe, il en ajoute un nouveau d'une extrême sensibilité et d'une portée merveilleuse dont l'astronomie surtout va bénéficier. Son application, en effet, n'exige ni balance, ni réactifs; elle s'étend aux corps perdus dans les profondeurs de l'espace à la seule condition qu'ils nous envoient un rayon de leur lumière. Voilà donc la voie ouverte à l'*analyse chimique* des astres.

Avant d'y entrer, achevons l'exposé de ces notions préliminaires.

Les circonstances dont s'entoure une source lumineuse, susceptible d'émettre un spectre discontinu, la pression, la température, le moyen employé pour l'ébranler lumineusement, son mouvement, etc., ont

(1) Suivant le nombre, la largeur, l'aspect de ces plages lumineuses, les spectres discontinus prennent le nom de *spectres de bandes* ou de *spectres de lignes*. Ces derniers n'appartiennent qu'aux gaz observés à un haut degré de raréfaction ou aux vapeurs très chaudes et très rares.

une influence sur le nombre, la largeur, l'aspect, la position des raies brillantes de son spectre. Sans cesser d'être spécifique de la substance émissive, il nous donne, par ces changements mêmes, un surcroît de renseignements très précieux. De ces épiphénomènes, deux surtout doivent ici retenir notre attention.

Le premier est connu sous l'appellation d'*effet Döppler-Fizeau*; en voici l'énoncé : Quand une source lumineuse à spectre discontinu *se rapproche* de l'observateur, les raies de son spectre se déplacent *vers le violet*; elles se portent au contraire *vers le rouge* quand la source *s'éloigne*; la mesure du déplacement des raies fournit celle de la vitesse radiale de la source qui lui est proportionnelle.

La théorie ondulatoire de la lumière démontre ce principe et précise les conditions de son application; l'expérience le confirme. C'est sur le Soleil qu'on le vérifia pour la première fois, et on s'en est servi pour déterminer la vitesse radiale au bord du Soleil, *à différentes latitudes*. D'une façon générale, ces recherches ont confirmé l'accélération équatoriale des couches de la chromosphère en contact immédiat avec la photosphère, mais elles ont surtout fait toucher du doigt l'extrême complexité des problèmes que soulève la rotation du Soleil (1).

Le second phénomène dont nous devons dire un mot est plus délicat et n'a trouvé que tout récemment son application en physique solaire. On le désigne sous le nom d'*effet Zeeman*. La lumière émise par une source à spectre discontinu placée *dans un champ magnétique* acquiert des propriétés dirigées : elle cesse d'être identique dans toutes les directions. Bornons-nous à rappeler les modifications qu'elle subit dans la direc-

(1) On trouvera dans le BULLETIN ASTRONOMIQUE, t. XXXV, p. 230, l'indication et l'analyse des travaux les plus importants relatifs à la rotation du Soleil.

tion *parallèle* aux lignes de force du champ (1); des phénomènes analogues, mais moins simples, se passent dans la direction *perpendiculaire*.

Avant de produire le champ magnétique, observons le spectre de la source et fixons notre attention sur une de ses raies brillantes, que nous choisirons étroite et bien définie. Dès que le champ est excité, cette raie s'éteint et, en même temps, s'allument deux raies nouvelles, l'une à droite, l'autre à gauche de la place occupée tantôt par la raie primitive. Supprimons le champ : le *doublet magnétique* disparaît et la raie primitive réapparaît à sa place normale.

Ce n'est pas tout. Tandis que la raie primitive rayonne de la lumière *naturelle*, les raies du doublet sont *polarisées circulairement dans des sens opposés*.

Sans entrer ici dans des détails qui nous conduiraient trop loin, rappelons, par un exemple, le genre de propriétés que qualifie le mot *polarisé* dans le langage des physiciens, et l'un des moyens dont nous disposons pour distinguer la lumière *naturelle* de la lumière *polarisée*, la lumière *polarisée dans un sens* de celle qui l'est dans le sens opposé (2).

Voici trois rayons lumineux parallèles, de même couleur et de même intensité, se propageant dans le même sens : ils sont identiques pour nos yeux; les physiciens vont leur trouver des différences essentielles. Recevons-les tous trois sur un même miroir ou sur une même face d'un cristal convenablement choisi. Il peut se faire que le premier se réfléchisse ou passe

(1) La source étant placée entre les deux armatures d'un électro-aimant dont l'une au moins est percée, on reçoit, dans le spectroscope, la lumière qui traverse ce canal.

(2) Pour simplifier cet exposé que nous désirons rendre aussi élémentaire que possible, nous supposerons que les raies du doublet magnétique sont *polarisées rectilignement*; en réalité elles le sont *circulairement*, ce n'est donc pas à travers un simple nicol qu'il faut les observer, mais à travers un *analyseur circulaire*, constitué d'un nicol précédé d'un parallélipipède de Fresnel, ou d'une lame quart d'onde pour la partie du spectre étudié.

également bien, *quelle que soit l'orientation du miroir ou du cristal* autour de la direction de propagation, tandis que, vis-à-vis des deux autres, le pouvoir réfléchissant du miroir et la transparence du cristal semblent varier avec leur orientation : il en est une pour laquelle le second rayon se réfléchit ou passe au mieux, en même temps qu'elle éteint le troisième; et il en est une autre, perpendiculaire à celle-ci, pour laquelle le phénomène est interverti : c'est au tour du second rayon de s'éteindre, et au tour du troisième de se réfléchir ou de passer au mieux. Le premier rayon est formé de *lumière naturelle*, les deux autres le sont de *lumière polarisée*, mais de *sens opposé*. Chacun de ceux-ci se distingue donc, par un caractère très net, de tous ceux qui seraient polarisés autrement que lui ou ne le seraient pas du tout.

On savait que la *lumière naturelle* se polarise en se réfléchissant ou en traversant un cristal; M. Zeeman nous a appris que l'action d'un champ magnétique sur une source lumineuse qui y est plongée, transforme de même la *lumière naturelle* qu'elle émet : elle lui donne des *propriétés dirigées* qu'elle ne possédait pas; elle en fait de la lumière polarisée.

L'effet Döppler-Fizeau et l'effet Zeeman élargissent singulièrement le champ de la *spectroscopie astronomique :* ce n'est plus seulement l'*analyse chimique* des astres qu'elle poursuit et la distribution des différentes formes de la matière dans les profondeurs de l'espace; elle s'offre à nous fournir des renseignements précis sur les *mouvements radiaux* de ces vapeurs incandescentes et sur les propriétés du milieu au sein duquel elles évoluent. Mais avant d'exposer ses conquêtes dans le domaine de la physique solaire, nous devons faire connaître un dernier genre de spectres.

Lorsque la lumière émise par une source quelconque

traverse un milieu transparent, elle s'emploie en partie à échauffer ce milieu et en émerge avec une intensité appauvrie : c'est le phénomène de l'*absorption*. Il affecte des allures très variées suivant la nature et l'état physique du milieu absorbant. La plus caractéristique, la seule qu'il faille rappeler ici, est propre aux gaz incandescents : leur absorption présente des *maxima* nettement marqués. La description du phénomène nous tiendra lieu d'explication.

Imaginons une source lumineuse intense qui, observée directement au spectroscope, nous donne un *spectre continu*. Si, entre elle et le plan de la fente, nous interposons un milieu gazeux, incandescent, moins chaud, je le suppose, que la source elle-même, l'éclat du spectre continu faiblit un peu sur toute son étendue, mais le fait capital et nettement caractéristique qui se produit est celui-ci : des raies sombres, transversales apparaissent, dont le nombre, la situation relative, l'aspect varient avec la nature et les conditions physiques du milieu gazeux interposé. Ces raies obscures occupent, dans le spectre, la place des radiations de la source que le milieu s'est surtout appropriées. Regardons-y de plus près et nous constaterons que ces raies qui paraissent *noires* — privées de lumière — sont simplement *obscures* : en réalité, chacune d'elles rayonne la lumière propre à la place qu'elle occupe dans le spectre, mais avec une intensité beaucoup plus faible que celle des plages voisines : c'est le contraste qui les noircit.

La *loi de Kirchhoff*, qui régit ce phénomène, précise la description que nous venons d'en donner ; on peut l'énoncer ainsi au point de vue purement qualitatif qui suffit à notre but : De l'ensemble des radiations émises par la source lumineuse, le milieu gazeux interposé choisit pour les absorber au profit de sa température, celles-là surtout *qu'il est lui-même capable*

d'émettre et, par compensation, il leur substitue son propre rayonnement. L'ensemble des raies *relativement obscures* nées de l'intervention du milieu doit donc être envisagé sous un double aspect : il est le *spectre d'absorption* de ce milieu, et c'est pour cela que ces raies sont *obscures ;* il est en même temps son *spectre d'émission*, et c'est pour cela que ces raies ne sont que *relativement obscures.*

Une conséquence très importante et que confirme l'expérience, découle de ces considérations. S'il arrivait que tel ou tel gaz faisant partie du *milieu absorbant* où la densité, la température, l'éclat lumineux peuvent varier d'une région à une autre, *rayonnât sa lumière propre avec une intensité plus grande que celle des radiations correspondantes de la source elle-même*, le contraste serait interverti : les raies de son spectre se détacheraient, sur le spectre général, non plus en traits obscurs, mais en *traits brillants*, avec la couleur et à la place qui leur appartiennent. On dit alors que ces raies d'absorption sont *renversées.*

Les faits que nous venons de rappeler ont été rencontrés tout d'abord au cours des recherches solaires et sont restés longtemps sans explication.

Newton, le premier, avait réussi à projeter sur un écran, à l'aide d'un prisme, le spectre de la lumière globale de la photosphère : il lui sembla *continu*. Plus tard, en 1802, Wollaston y regardant de plus près et dans de meilleures conditions, constata la présence de quelques raies obscures rompant la continuité du spectre. Enfin, Fraunhofer fit voir que ces raies obscures étaient très nombreuses, d'intensité et de largeur variées. Il en choisit quelques-unes, distribuées dans toutes les régions du spectre, pour servir de points de repère et qu'il désigna par les premières lettres de l'alphabet. On en a catalogué depuis plus de 20 000.

D'où provenaient ces raies obscures et quelle était leur signification ? — La réponse nous fut donnée par Bunsen et Kirchhoff, en 1861, dans leur célèbre mémoire sur l'*Absorption des gaz incandescents :* Le spectre de la lumière globale de la photosphère est un spectre d'absorption.

La lumière émise par la *photosphère* contient la série complète des radiations visibles : son spectre serait *continu* si nous pouvions l'observer directement. Mais elle nous arrive après avoir traversé l'*atmosphère gazeuse, incandescente* dont s'entoure le globe solaire (1) et dont elle subit l'*absorption élective :* Les raies de Fraunhofer sont, à la fois, celles du *spectre d'absorption* et celles du *spectre d'émission*, que le contraste obscurcit, des gaz et des vapeurs qui entrent dans la constitution de l'atmosphère solaire.

Il nous est donc possible de mener à bien l'*analyse chimique* de cette atmosphère : il nous suffit de comparer systématiquement les raies de Fraunhofer, aux *raies brillantes des spectres d'émission* des substances terrestres, réduites à l'état de vapeurs incandescentes : toutes celles-là, et celles-là seules, font partie du milieu solaire absorbant dont les raies de leurs spectres d'émission figurent parmi les raies d'absorption de Fraunhofer. Ce travail d'identification inauguré par Bunsen et Kirchhoff nous a révélé, dans l'atmosphère du Soleil, la présence, à l'état de vapeurs incandescentes, d'un grand nombre de nos éléments chimiques : le fer, l'hydrogène, le sodium, le calcium, le magnésium, le nickel, le titane... Mais cette identification est loin d'être épuisée : nous n'entrevoyons ni la fin des efforts qu'exigent ces recherches délicates, ni le terme du progrès qu'en recueillent nos connaissances

(1) Nous faisons abstraction de l'atmosphère terrestre, des *bandes et des raies telluriques.*

solaires, et l'avenir nous réserve sans doute plus d'une surprise. Ce sera peut-être la découverte de nouveaux éléments. Déjà au début de ces travaux, on fut amené à attribuer à une substance hypothétique, baptisée avant sa naissance du nom d'*Hélium*, une des raies de Fraunhofer que l'on ne retrouvait dans aucun des spectres d'émission des substances connues alors dans nos laboratoires. Aujourd'hui l'hélium a été extrait par W. Ramsay d'un minéral rare, la clévéite ; pareille aventure peut se renouveler.

D'autre part, les conditions qui entourent l'évolution de la matière au sein de la fournaise solaire sont très différentes de celles que nous pouvons réaliser ici. Peut-être favorisent-elles là haut la *dissociation* de nos éléments chimiques en éléments plus simples, suivant une hypothèse soutenue par Lockyer (1) et que les métamorphoses des corps radioactifs ont rendue moins étrange.

Mais ce sont là rêves d'avenir.

III

LE SPECTROSCOPE ANALYSEUR

Nous avons dit qu'il y a plusieurs manières de se servir du spectroscope. Nous avons décrit la plus simple ; en voici une autre plus féconde, mais qui n'est applicable qu'aux sources lumineuses qui, comme le Soleil, ont des dimensions angulaires sensibles (2).

Elle consiste à projeter, à l'aide d'une lentille achromatique et sur le plan de la fente du spectroscope, une

(1) N. Lockyer, *L'Évolution inorganique étudiée par l'analyse spectrale* : traduit de l'anglais par Éd. d'Hooghe. Paris, Félix Alcan, 1905.

(2) Ainsi les étoiles échappent à ce mode d'observation : nous ne connaissons que le spectre de leur *lumière globale*.

image réelle de la source lumineuse, du Soleil par exemple. Les astronomes réalisent, en pratique, ce dispositif en substituant à l'oculaire d'un équatorial le collimateur du spectroscope, et en mettant au point l'image objective de l'astre étudié sur le plan de la fente. Celle-ci découpe, *encadre* telle partie de cette image qu'il nous plaît de lui superposer : ce sera, par exemple, dans le cas du Soleil, le noyau d'une tache, sa pénombre, une facule, une coupe à travers la chromosphère ou une protubérance, qui deviendront, *à l'exclusion de tout le reste*, la source dont le spectroscope disperse la lumière. Si cette portion de l'image solaire a *une forme bien à elle dans les limites de l'ouverture de la fente* et si son spectre est *discontinu* — ce sera le cas pour les protubérances — les éléments de son spectre seront des *images monochromatiques de même forme*, et non plus des *raies rectangulaires*, comme dans la première méthode où la *fente* fonctionnait comme source rayonnante.

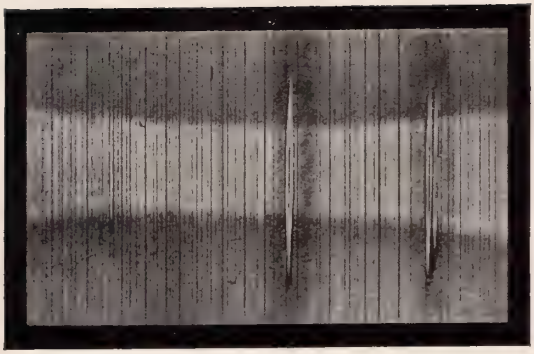
Les premières observations de ce genre, dans le domaine des recherches solaires, se rapportent aux *taches*. Elles nous ont appris que les changements éprouvés par le spectre solaire, dans ces régions troublées de la photosphère sont très nombreux et très variés. Leur étude est loin d'être épuisée, leur classement systématique à peine ébauché et leur interprétation souvent difficile. Bornons-nous à quelques points principaux choisis parmi ceux dont on a tiré le meilleur parti.

Disposons le spectroscope de telle manière que l'image d'une tache régulière soit bissectée par la fente : que verrons-nous ? Le spectre solaire divisé en bandes longitudinales d'éclat différent : la bande médiane, la plus *sombre*, est le *spectre du noyau* ; les deux bandes

plus *claires* qui l'encadrent sont les spectres des deux portions de la *pénombre* que traverse la fente.

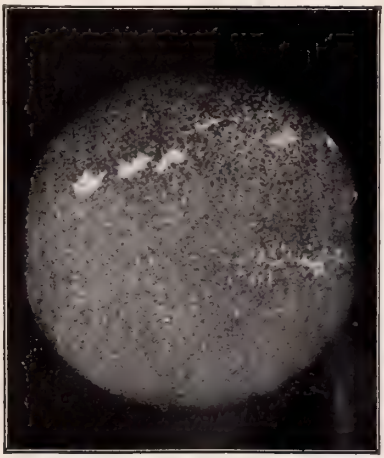
Examinons l'ensemble de plus près et en le comparant au spectre de la lumière globale de la photosphère. Les raies sombres qui sillonnent le spectre du noyau sont bien les raies ordinaires de Fraunhofer, mais il s'y ajoute des bandes d'absorption nouvelles, qui se résolvent en lignes fines en recourant à une dispersion suffisante : leur origine est mal connue. D'autre part, un grand nombre des raies de Fraunhofer sont *élargies* et *renforcées :* ce sont surtout celles qui appartiennent au fer, au calcium, au titane... Par contre, quelques-unes peuvent être *renversées :* telles sont les raies du sodium qui présentent souvent, au centre de leur partie sombre élargie, une raie brillante ; les raies de l'hydrogène se montrent aussi très souvent brillantes, et il en est de même parfois des raies H et K du calcium.

Ces raies obscures et ces raies renversées sont souvent tordues et déplacées, signes certains de mouvements violents de la matière dans ces régions troublées. Ces mouvements se manifestent surtout au voisinage du bord extérieur de la pénombre. Il arrive que les raies des différents éléments ne soient pas également déplacées, preuve manifeste que ces éléments, situés dans l'atmosphère du Soleil à des hauteurs différentes, n'ont pas tous le même mouvement. Chose plus étrange, tandis que certaines raies d'une même substance sont déplacées, il peut se faire que d'autres raies de *cette même substance* restent à leur place normale : ce fait constitue le meilleur argument peut-être en faveur de la dissociation, au sein de la fournaise solaire, de nos éléments chimiques en éléments plus simples. Enfin, certaines raies sont *dédoublées* et subissent, dans leur structure intime, des modifications caractéristiques. Nous y reviendrons en parlant du



Raies H et K du Calcium doublement renversées.

Photographie du Soleil
en lumière globale.



Spectrohéliogramme.
Calcium. Couche moyenne.

parti excellent qu'a su tirer de ce fait très significatif l'astronome américain Hale.

Le spectre des traînées brillantes de la pénombre se confond avec celui des *granulations* et des *facules* qui recouvrent la photosphère. Comme on devait s'y attendre, il brille d'un éclat plus vif, mais le trait caractéristique le plus important qu'il faut signaler ici est le *double renversement* qu'y montrent invariablement les raies H et K du calcium. Sur le fond obscur de la raie d'absorption et dans sa partie médiane, on voit se projeter une raie brillante que divise, par le milieu et dans le sens de sa longueur, une fine raie noire. On désigne respectivement la raie sombre marginale, la raie brillante qu'elle encadre et le trait noir central par les lettres H_1, H_2, H_3 pour la raie H, et pour la raie K par K_1, K_2, K_3.

M. Deslandres a émis à ce sujet une hypothèse qui a été, nous le verrons, le point de départ de recherches spectrales d'un genre nouveau et d'une portée considérable ; voici cette conjecture que suggère l'observation et qu'appuient des considérations théoriques (1). La *raie obscure marginale* — H_1 ou K_1 — appartient aux *couches profondes* de la chromosphère, les plus voisines de la photosphère ; la *raie brillante* médiane — H_2 ou K_2 — aux *couches moyennes*, et la *raie noire centrale* — H_3 ou K_3 — aux *couches supérieures* de ce même milieu. Si les hypothèses de travail et les méthodes d'observation qu'elles engendrent doivent se juger, comme les arbres, par leurs fruits, il est certain que la conjecture de M. Deslandres, que rien jusqu'ici n'autorise à rejeter, est une des plus fécondes qu'ait suggérées l'analyse spectrale ; mais avant d'en montrer les résultats, voyons ce que le spectroscope nous

(1) Bulletin astronomique, t. XXV (1908), p. 9. G. Meslin, *Sur le renversement complexe des raies spectrales dans les couches chromosphériques.*

apprend des régions du Soleil visibles au moment d'une éclipse totale.

On sait que le retour de ce phénomène est soumis à des lois qui permettent de déterminer, longtemps à l'avance, ses conditions de visibilité pour tous les points du globe. Des expéditions scientifiques peuvent donc s'organiser, qui échelonnent les observateurs le long de la bande étroite que trace, sur la surface de la Terre, l'ombre de la Lune. Chaque station, tour à tour, assiste à l'éclipse et met à profit les précieux instants de la totalité. Si le beau temps est de la partie, ces quelques minutes suffisent à une moisson abondante de données du plus haut intérêt. Nous allons rappeler les principales, sans nous astreindre à suivre l'ordre historique des découvertes.

Au cours de l'éclipse de 1871, alors que la Lune avait envahi déjà une grande partie du disque solaire et que la totalité approchait, l'astronome américain Young disposa la fente de son spectroscope tangente à l'image du Soleil *au point où le second contact du bord lunaire allait se produire*. Le spectre ordinaire de la lumière globale du Soleil, provenant du mince croissant de la photosphère qui achevait de disparaître, diffusée pas notre atmosphère, s'étalait sous ses yeux, sillonné de ses raies obscures. Mais voici qu'à l'instant précis du contact, ces raies s'illuminent et se détachent *brillantes* sur un fond obscur : le phénomène dura deux ou trois secondes à peine, de là le nom de *spectre éclair* qu'on lui a donné. On l'a revu depuis, et dans les mêmes conditions, à chaque éclipse totale, et on a réussi, récemment, à l'observer en temps ordinaire.

Il y a donc, en contact immédiat avec la photosphère, une couche complexe de vapeurs incandescentes, dont le *spectre d'émission* n'est autre que le *spectre d'absorption renversé* que caractérise l'ensemble des

raies obscures de Fraunhofer. Sans doute, l'identification individuelle de toutes ces raies n'a pas été faite, mais elle a été poussée assez loin pour autoriser cette conclusion. L'explication donnée par Kirchhoff de l'origine des raies de Fraunhofer est donc confirmée ; seulement l'absorption qu'elle invoque et que l'on attribuait au début indistinctement à l'ensemble de l'atmosphère solaire s'exerce surtout à sa base, dans la couche reposant immédiatement sur la photosphère, où la pesanteur accumule les vapeurs les plus lourdes : de là le nom de *couche renversante* qu'on lui a donné. Vue de la distance qui nous sépare du Soleil, elle paraît très mince puisque la Lune achève de la recouvrir en un temps très court ; mais son épaisseur réelle n'est pas inférieure à 800 kilomètres.

Par un procédé analogue à celui que nous venons de décrire, on peut, pendant la totalité, étudier à des niveaux de plus en plus élevés le spectre de la *chromosphère dont la couche renversante est la base* et qui atteint des hauteurs variables de 8 000 à 80 000 kilomètres. Ce spectre ne présente pas de différence absolument tranchée avec celui de la *couche renversante*, mais il est moins riche en raies brillantes et le devient de moins en moins à mesure que l'on s'élève davantage. Dans les couches supérieures, on ne retrouve, en général, que les raies de l'hydrogène, de l'hélium et du calcium qui sont les *gaz permanents* de la chromosphère. Ces raies sont souvent tordues et déplacées, et il n'est pas rare qu'elles accusent des mouvements dont la vitesse radiale peut atteindre plusieurs centaines de kilomètres à la seconde.

A sa surface terminale, la chromosphère est, en maints endroits, criblée d'aspérités mobiles et changeantes qui font rêver au spectacle d'une forêt en feu dont chaque arbre alimenterait une flamme capri-

cieuse. C'est le résultat, sans doute, d'un travail chimique intense de compositions et de décompositions incessantes.

Çà et là, cette agitation tumultueuse s'exaspère et l'on voit surgir de la chromosphère d'immenses jets de matières incandescentes dont les volutes prodigieuses, de même teinte rose que la chromosphère, se jouent à des hauteurs qui peuvent atteindre 200 mille et même 500 mille kilomètres Ce sont les *protubérances*.

Leurs formes, en général très instables, ont tous les caprices. Ici ce sont des colonnes de feu qui s'élèvent et se déploient à la vitesse de plusieurs centaines de kilomètres à la seconde ; plus loin, ce sont d'immenses nuages qui flottent dans l'atmosphère, se dissipent ou retombent en pluie étincelante. Il y a des protubérances dites *quiescentes* à spectre plus simple, qui ne renferment guère que les *gaz permanents* de la chromosphère ; il y en a d'autres appelées *éruptives* où le spectroscope découvre, à la base surtout, quantité de vapeurs métalliques variées provenant de la couche renversante ; dans les parties élevées, c'est toujours l'hydrogène, l'hélium et le calcium qui dominent.

Toutes ces protubérances contiennent aussi, comme la chromosphère d'ailleurs, des *poussières solides* incandescentes qui brillent par elles-mêmes, en donnant un spectre continu, et diffusent la lumière de la photosphère. Il en est même qui sont formées surtout d'amas de ces poussières ; leur spectre continu plus brillant leur vaut le nom de *protubérances blanches*.

Dans le demi-jour de la totalité, la masse rouge des protubérances se détache sur le fond blanc d'argent de la *couronne*, qui prolonge ce qu'on est convenu d'appeler l'atmosphère solaire à des hauteurs prodigieuses. On a pu en suivre la trace jusqu'à 15 ou 20 millions de kilomètres de la photosphère, mais rien n'autorise à

penser qu'elle s'arrête là : c'est l'efficacité bornée de nos moyens d'observation qui lui impose cette limite.

D'ailleurs l'extension visible de la couronne, au moment d'une éclipse totale, l'aspect calme ou tourmenté qu'elle présente, la forme qu'elle affecte, le nombre, l'orientation et l'étendue des *rayons coronaux* qui la sillonnent et lui donnent parfois l'aspect d'un enchevêtrement de queues de comète, varient beaucoup, et ces variations sont en relation étroite avec celles de l'activité solaire révélées par la périodicité undécennale des taches. Il faut en conclure que les bouleversements dont la photosphère est le siège n'y restent pas localisés, mais qu'ils s'étendent à toutes les dépendances du Soleil, même aux plus éloignées.

La constitution physique de la couronne nous est mal connue; la raison en est aisée à donner. Tandis qu'il est possible, comme nous le verrons, d'étudier *en tout temps* la chromosphère et les protubérances, il faut, pour observer la couronne, attendre le retour d'une éclipse totale du Soleil. Or ces éclipses sont rares et la durée de leur totalité toujours très courte : une longue série d'années s'écoulent avant que ces précieuses minutes mises bout à bout fassent une demi-heure;... une demi-heure pour ravir ses secrets à un des phénomènes les plus complexes que nous offre la nature !

Nous savons du moins avec certitude que la couronne n'est pas un vain fantôme, un jeu de lumière, un météore à la façon des halos ou de l'arc-en-ciel; nous savons aussi, à n'en pas douter, qu'elle appartient au Soleil, vit de sa vie et prend part à son activité ; nous avons enfin d'excellentes raisons d'admettre que sa constitution physique n'est pas celle d'*une atmosphère gazeuse pesant sur la chromosphère*, comme l'air qui nous entoure pèse sur la surface de la Terre, mais qu'il faut la comparer plutôt aux gaz très raréfiés de nos

tubes à vide rendus luminescents par l'action de décharges électriques.

La lumière qu'elle émet est complexe. Le spectroscope n'y découvre pas moins de trois spectres d'origine différente. C'est d'abord un *spectre discontinu* dont l'élément caractéristique est une *raie verte* qui n'a été retrouvée jusqu'ici nulle part ailleurs, ni dans nos laboratoires ni dans la lumière des corps célestes. Elle est à peine visible et limitée aux régions équatoriales aux époques de minimum des taches; elle brille au contraire et se révèle tout autour du Soleil aux époques de maximum. Faut-il la rattacher à un phénomène de phosphorescence ou y voir le signalement lumineux d'une substance inconnue? L'avenir le dira. En attendant, on a donné le nom de *coronium* à l'élément chimique hypothétique auquel cette raie pourrait appartenir.

En même temps que la raie du coronium, on en distingue d'autres qui appartiennent à l'hydrogène, à l'hélium et au calcium. Mais il est bien difficile de décider si ces radiations sont d'origine coronale, ou le reflet de la lumière de la chromosphère, diffusée par les poussières que contient la couronne.

Ces poussières incandescentes donnent elles-mêmes naissance, à la fois, à un *spectre continu*, celui de leur lumière propre, et, par la diffusion de la lumière photosphérique, à un troisième spectre identique au spectre d'absorption de Fraunhofer, bien visible seulement dans la partie extérieure de la couronne.

Les traînées lumineuses qui la sillonnent et lui donnent l'aspect d'une gloire gigantesque ont longtemps intrigué les astronomes et on ne peut prétendre en avoir aujourd'hui pénétré tous les secrets. Toutefois, du rapprochement entre ces appendices coronaux et les queues cométaires est sortie une explication qui, dans ses traits essentiels, n'est que l'application de faits

d'observation dûment constatés dans nos laboratoires. Exposons-la brièvement (1).

Les comètes, dans leur voyage au long cours à travers l'espace, obéissent ponctuellement aux lois de Newton : l'attraction émanée du Soleil, qui préside à leur révolution, et celle des planètes qui la trouble, sont les seules forces qu'il faille faire intervenir pour tracer leur orbite, fixer leur allure et prédire leur retour.

Mais au voisinage de leur périhélie, désagrégées sans doute par la chaleur, elles s'ornent d'un panache poussiéreux dont la direction, *opposée au Soleil*, manifeste l'intervention d'une force répulsive *émanée de l'astre central et victorieuse de l'attraction*. Quel est ce mystère ? — L'astre entier n'obéit qu'à l'attraction : ses parties pulvérisées s'en affranchissent et fuient leur centre ! Connaissons-nous d'autres phénomènes présentant avec celui-ci quelqu'analogie ? — Nous en connaissons beaucoup et de très vulgaires. Un bâton de craie tombe en bloc malgré la résistance de l'air ; réduit en poudre, il flotte dans l'atmosphère en dépit de la pesanteur. Imaginons un corps dont les dimensions diminuent, soumis à deux forces antagonistes dont l'une est proportionnelle à son *volume* et l'autre proportionnelle à sa *surface*. Au début, il obéit à l'action de volume, à la fin il cède à l'action de surface. Pourquoi ? Par ce que le rapport du volume d'un corps à sa surface décroît quand ses dimensions diminuent. Ainsi l'attraction qui, toutes choses égales d'ailleurs, est proportionnelle au *volume* du corps attiré, décroît plus rapidement, avec les dimensions de ce corps, qu'une pression proportionnelle à sa *surface*. On conçoit dès lors que ce corps puisse atteindre des dimensions telles que ces

(1) Voir REVUE DES QUEST. SCIENT., 3e série, t. XIX, 20 janvier 1911, pp. 343 et suivante, l'analyse de la brochure : Aug. Righi, *Comete ed electroni*.

deux forces se balancent ou que la seconde l'emporte sur la première.

La poussière cométaire est soumise à l'*attraction* du Soleil ; subirait-elle aussi de sa part une *pression* antagoniste ? Des travaux théoriques, dont les conclusions ont été contrôlées avec plein succès au laboratoire, nous ont appris que la lumière exerce sur les corps qu'elle frappe une *pression* qui tend à les déplacer dans le sens de sa propagation (1). Cette *pression de radiation* est proportionnelle à la *surface* éclairée comme l'attraction l'est à la *masse* du corps attiré, et toutes deux sont inversement proportionnelles au carré des distances. L'application de ces principes se fait d'elle-même à la formation des queues cométaires, et elle s'étend immédiatement aux *rayons coronaux* : ce sont des *traînées de poussières* assez ténues pour que la *pression de radiation* victorieuse de l'attraction les chasse devant elles.

Ces poussières existent dans la couronne, nous l'avons vu, elles émanent vraisemblablement des régions de plus grande activité de la protosphère, des taches, des foyers d'éruption, des protubérances, et leur abondance peut très bien copier l'allure périodiquement variable de la fréquence des taches, elle-même en relation étroite avec la forme et l'extension de la couronne.

Une difficulté toutefois se présente : comment accorder cette explication avec la présence de gaz dans les queues des comètes et dans la couronne ? La victoire de la pression de radiation sur l'attraction n'est-elle pas d'autant plus certaine, d'autant plus complète, que les particules sur lesquelles s'exerce cette pression sont plus petites, et les *molécules gazeuses* ne répondent-elles

(1) Voir REVUE DES QUEST. SCIENT., 3e série, t. I, avril 1902, pp. 595 et suiv., *La pression de la lumière*.

pas excellemment à cette condition ? — On l'a cru d'abord, mais une théorie plus profonde, et que confirme l'expérience, a montré que des *particules trop petites* — et les molécules gazeuses sont dans ce cas — changent de personnage : elles entravent la marche de la lumière en provoquant des phénomènes de diffraction, et cessent dès lors d'être invariablement repoussées. Elles ne le sont, à la manière des résonnateurs acoustiques, que par des ondes dont la périodicité est appropriée à leurs dimensions. Les queues des comètes et la couronne pourront donc contenir des gaz.

Mais si la pression de radiation rend compte de l'aspect général des rayons coronaux, elle laisse sans explication d'autres phénomènes dont la couronne est le siège et qui donnent naissance à sa *lumière propre*. Cette lumière a tant d'analogie avec celle que rayonnent les *gaz raréfiés traversés par la décharge électrique* qu'on a été amené à l'expliquer de la même manière, en recourant à la théorie des ions et des électrons.

Le nom d'*ion* a été introduit en physique par Faraday au cours de ses travaux sur l'électrolyse. On s'en est servi plus tard, dans la théorie des phénomènes électrolytiques, pour désigner toute molécule chargée d'électricité positive ou négative. Or, les lois de l'électrolyse, interprétées à l'aide de ce symbolisme, ont amené à conclure que les charges d'électricité libre que portent les ions sont parfaitement déterminées, au même titre que les masses mêmes des atomes des éléments chimiques, et qu'elles sont entre elles dans des rapports simples. De là à attribuer à l'électricité *une structure atomique*, il n'y a qu'un pas, et ce pas a été franchi.

On suppose l'existence de *masses élémentaires* d'électricité positive et d'électricité négative, sortes d'*atomes électriques* univalents, qui ont reçu le nom d'*électrons*

positifs et d'électrons négatifs. De cette conception, une doctrine est née, la *théorie des électrons*, qui groupe et coordonne un grand nombre de faits d'observation, en les considérant comme le résultat du mouvement des électrons, ou celui de combinaison, de dissociation, de substitution d'atomes électriques.

Voici, exprimées dans ce langage imagé, quelques données d'ordre expérimental. Une molécule de matière ordinaire, électriquement neutre, a ses valences électriques satisfaites. Il n'en est pas de même de l'*ion*, molécule ou radical portant une charge libre d'électricité. — On a réussi à séparer de la matière ordinaire, à *isoler*, les *électrons négatifs ;* on n'a pu jusqu'ici isoler les électrons positifs : quand on parle d'*électrons libres*, c'est donc toujours d'*électrons négatifs* qu'il s'agit. — Les rayons cathodiques sont constitués par des électrons libres lancés avec une très grande vitesse dont on a mesuré la valeur. — Les corps incandescents émettent spontanément des électrons. — Une fois libres les électrons peuvent en engendrer d'autres par leurs chocs contre les molécules neutres ; dans les gaz, ils donnent ainsi naissance à des molécules électrisées, appelées *ions gazeux*. On dit alors que le milieu est *ionisé :* il acquiert de ce chef une conductivité électrique instable, momentanée, qui se perd, en un temps très court mais mesurable, par la dissociation progressive de ses ions gazeux, et se restaure par la formation de nouveaux ions. — Enfin, tout transport d'électrons devient un *courant électrique de convection* qui s'entoure d'un champ magnétique comme le courant de conduction.

Tels sont les principes et les faits qui ont trouvé leur application en physique solaire.

On admet que le Soleil — corps incandescent — émet constamment des électrons libres ; ceux-ci travaillent dans les gaz raréfiés et poussiéreux de la couronne à la

façon des rayons cathodiques dans nos tubes à vide ; le milieu coronal ionisé devient le siège de phénomènes électriques, source de sa lumière propre dont nous avons décrit le spectre discontinu. Mais là ne ne s'arrêterait pas le travail de ces légions d'infiniment petits.

Les électrons solaires, grâce à leur immense vitesse, peuvent atteindre et envahir les régions élevées de notre atmosphère. Là, ils concourent à l'ionisation de ce milieu gazeux raréfié avec les radiations ultraviolettes et peut-être avec d'autres formes encore d'énergie rayonnante émanées du Soleil. Les couches supérieures de l'atmosphère terrestre acquièrent donc une conductivité instable, variable avec le degré de leur ionisation, lié lui-même aux fluctuations de l'activité solaire. Elles deviennent aptes à livrer passage à des courants électriques, tout prêts à déborder, mais que la résistance du milieu arrêtait ; la durée de ces courants, leur intensité font écho, par leurs variations, aux accidents de la vie physique du Soleil, en même temps qu'ils donnent naissance à un champ magnétique variable se superposant au champ magnétique terrestre, et tels seraient l'origine des *orages magnétiques* et le mécanisme qui impose la même allure, la même périodicité, aux divagations de nos aiguilles aimantées et à la fréquence des taches solaires.

Nous ne prétendons pas que cette théorie ait atteint la hauteur d'une doctrine complète et triomphante : on lui oppose d'autres conjectures qui ne sont pas sans valeur. Si nous l'avons rappelée de préférence à celles-ci, c'est qu'elle est plus intimement liée à la découverte récente du champ magnétique des taches solaires qui prolonge son application et confirme son point de départ.

IV

LES SPECTROGRAPHES

L'éclipse de 1868 est célèbre dans l'histoire de la physique solaire non seulement parce qu'elle fut la première où l'on appliqua systématiquement le spectroscope à l'étude de la chromosphère et des protubérances, mais aussi et surtout parce qu'elle fut l'occasion d'une découverte très importante. Nous la devons à l'astronome français Janssen qui observait cette éclipse aux Indes.

Frappé de l'intensité des lignes brillantes du spectre de la chromosphère et des protubérances, il eut l'idée qu'il pourrait les revoir en plein jour, malgré la lumière diffuse du ciel. Dès le lendemain, il amena la fente de son spectroscope tangente au bord de l'image du Soleil, là où la veille s'élevait une protubérance, et il vit apparaître, en effet, les *raies brillantes* de l'hydrogène, les plus intenses du spectre protubéranciel. Coïncidence curieuse, en même temps, Lockyer, en Angleterre, arrivait indépendamment au même résultat qu'il poursuivait depuis plusieurs années. La note envoyée à l'Académie des sciences de Paris par l'astronome anglais, et la dépêche que lui avait adressée Janssen furent lues toutes deux à la même séance.

La voie était donc ouverte à l'observation de la chromosphère et des protubérances, *en tout temps mais le long du bord solaire seulement*. Il faut y insister.

La lumière que la fente *tangente à l'image du Soleil* laisse passer, se compose de deux parts : la lumière à *spectre discontinu* de la tranche de chromosphère ou de protubérance que la fente encadre, et la lumière solaire diffusée par l'atmosphère terrestre et dont le

spectre est de même nature mais beaucoup moins intense que celui du rayonnement direct de la photosphère. Le prisme ramasse et condense la lumière chromosphérique en *quelques traits brillants ;* il disperse et étale la lumière diffuse *en un long ruban* aux teintes très pâles : on conçoit sans peine que, sur ce fond faiblement lumineux, puisse se détacher nettement le spectre de *raies brillantes*. Il disparaît, au contraire, noyé dans la lumière beaucoup plus intense de la photosphère, quand la fente s'ouvre en plein disque solaire. La chromosphère et les protubérances qui recouvrent tout l'hémisphère solaire tourné vers nous, échappent donc à ce mode d'observation : c'est sur le pourtour du disque seul qu'elle peut les atteindre.

Les premiers observateurs dessinaient les formes de la chromosphère et des protubérances *par tranches successives*, en déplaçant la fente d'un mouvement discontinu, normalement à sa direction, et en fixant leur attention sur une des raies du spectre discontinu, la plus brillante généralement, la raie rouge de l'hydrogène. C'est le procédé de la *fente étroite*. Mais on ne tarda pas à adopter la méthode de la *fente large*, préconisée par Huggins.

Elle consiste à ouvrir lentement la fente au lieu de la déplacer : le *spectre discontinu* ne perd rien de son intensité, mais la lumière diffuse, entrant en plus grande quantité par la fente élargie, donne un spectre de fond de plus en plus brillant : le contraste diminue donc, et la protubérance semble pâlir : ses formes se fondent et il faut cesser bientôt d'ouvrir la fente davantage. Toutefois, avant que cette nécessité ne s'impose, on a pu très souvent faire apparaître, avec une netteté suffisante pour en dessiner les détails, la *protubérance tout entière*, comprise dans les limites de la fente. En promenant celle-ci tout le long du bord solaire et en répétant la manœuvre que nous venons de décrire,

on obtient le relevé et le dessin complet de la chromosphère et de ses protubérances sur tout le pourtour du disque. L'opération est longue et fastidieuse. C'est plus qu'il n'en faut pour qu'on se soit ingénié à la simplifier. On y est parvenu en substituant la photographie à l'observation visuelle et au dessin fait à la main.

Rien n'est plus simple que de transformer un spectroscope en *spectrographe :* il suffit de remplacer la lunette d'observation par une chambre photographique. Le spectre, mis au point sur la plaque sensible, y imprime son image que l'on étudiera à loisir. C'est ainsi, par exemple, que l'on photographie le spectre des étoiles, celui de la lumière globale du Soleil, etc. Mais comment s'y prendre pour photographier non pas le spectre, mais la *protubérance elle-même ?*

La première idée qui se présente est de recourir au procédé de la *fente large ;* mais l'éclat du spectre continu qui forme le fond du tableau nuit manifestement beaucoup à la netteté du résultat. D'autre part, si l'emploi de la *fente étroite* prévient cet inconvénient, c'est pour tomber dans un autre : il ne nous donne qu'une succession discontinue d'*images partielles* qu'il faut juxtaposer tant bien que mal pour avoir l'*image complète* de la protubérance. On est parvenu cependant à rendre ce procédé pratique en recourant à un artifice très simple qui devait trouver une application bien plus importante que celle qui le fit inventer.

Il consiste à placer, dans le plan focal de la chambre photographique, un écran opaque muni d'*une seconde fente*, et d'adjoindre au spectrographe ainsi transformé un organe moteur pouvant imprimer à la *première fente* une translation lente, continue, normale à sa longueur, et, *en même temps*, une translation proportionnelle à la *plaque sensible*, placée derrière et contre l'écran servant de crible. On dispose l'appareil de telle

façon que la *première fente* soit tangente au disque solaire en un point où, je le suppose, on a constaté l'existence d'une protubérance. On encadre dans la *seconde fente* l'une des images monochromatiques de la tranche protubérancielle délimitée par la première fente ; on découvre la plaque sensible et on met le moteur en marche : la première fente balaye lentement la protubérance, de la base au sommet ; tour à tour, les tranches successives qu'elle y découpe envoient leur lumière, à travers le collimateur, au prisme qui la disperse ; la seconde fente encadre, tour à tour, la même image monochromatique de chacune de ces tranches successives ; la plaque sensible qui ne reçoit d'autre lumière que celle-là, imprime et juxtapose cette série d'images grâce à la translation dont elle est animée ; finalement on obtient, rapidement et sans encombre, *une photographie complète, en lumière monochromatique, de la protubérance entière.*

Il importe de préciser la portée de ce résultat.

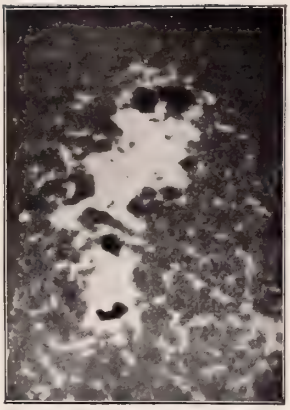
Ce qu'il nous donne en réalité c'est la photographie de la *forme, de la distribution, au sein de la protubérance, de la vapeur ou du gaz incandescent auquel appartient l'image monochromatique utilisée.* Si elle appartient à l'hydrogène, c'est la distribution, la *forme* de l'hydrogène, au sein de la protubérance, que la photographie nous révèle ; si elle revient au calcium, ce sera celle de cette substance.

Cette remarque est capitale : elle a ouvert aux recherches solaires un champ nouveau d'une fécondité inépuisable, en permettant l'étude, *en tout temps et sur tout le disque solaire, de la distribution, des formes et du mouvement de chacune des substances qui entrent dans la composition de la chromosphère, non seulement prise en bloc, mais séparément dans ses couches basses, dans ses couches moyennes et dans ses couches élevées,* et cela en dépit de la lumière

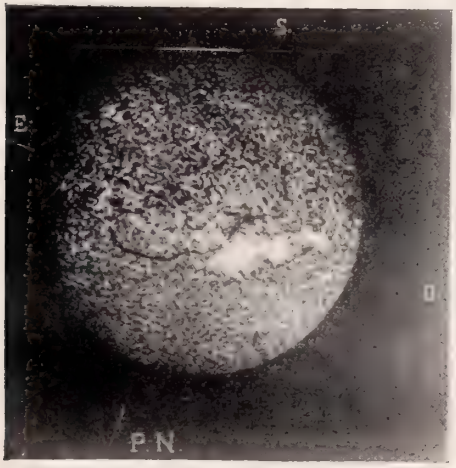
éblouissante de la photosphère sur laquelle elle se projette. Les instruments créés pour réaliser ces merveilles ont reçu le nom de *spectrohéliographes*.

Ce sont des spectrographes à *deux fentes* dont le principe est identique à celui du spectrographe à protubérances. La première fente est assez longue pour balayer d'un seul mouvement de translation l'image entière du Soleil projetée sur son plan. Elle découpe donc, dans chacune de ses positions successives, une tranche de cette image, dont la lumière, à l'exclusion de toute autre — si l'on fait abstraction de la lumière diffuse — pénètre dans le spectroscope. Le prisme la disperse et en étale le spectre : c'est le spectre solaire tel que le donne le *spectroscope analyseur*, avec ses raies obscures et les particularités du *spectre des taches*, des *facules*, des *granulations* suivant que la tranche du disque solaire encadrée par la fente contient quelqu'un de ces accidents de la photosphère.

Or les raies de Fraunhofer, nous l'avons vu, *ne sont pas noires :* elles paraissent obscures par contraste, mais rayonnent en réalité *la lumière des vapeurs absorbantes qui leur donnent naissance*. Il en est parmi ces raies qui sont *renversées* dans le spectre des taches et dans celui des facules, mais la lumière dont elles s'éclairent *émane aussi de ces mêmes vapeurs absorbantes*. Il en est enfin, dans le spectre des facules et des granulations, qui sont *doublement renversées :* telles sont, entre autres, les raies H et K du calcium, où nous avons distingué trois parties, désignées par les lettres H_1, H_2 et H_3, K_1, K_2 et K_3, mais nous avons vu qu'une interprétation très vraisemblable attribue la partie marginale estompée H_1 au calcium des *couches basses*, la partie brillante H_2 à celui des *couches moyennes*, et la raie noire centrale à celui des *couches supérieures de la chromosphère*.



Spectrohéliogrammes de la même région du Soleil.
Calcium. Couche basse. Calcium. Couche moyenne.



Spectrohéliogramme. Calcium. Couche supérieure.

Tout ceci étant bien présent à l'esprit, revenons au spectre solaire étalé dans le plan focal de la chambre photographique, sur l'écran-crible porteur de la seconde fente. Disposons les choses de telle façon que cette seconde fente encadre soit *une des raies* de ce spectre, soit l'*une des trois parties seulement d'une raie susceptible d'un double renversement*, et mettons le moteur en marche.

Toute autre lumière que celle de la raie isolée est supprimée au-delà de l'écran : la plaque sensible imprimera donc, en les juxtaposant, une série d'images dont l'ensemble nous révèlera la distribution, les *formes* du gaz, de la vapeur à laquelle appartient la *raie utilisée*, au sein des couches chromosphériques auxquelles revient la *partie de cette raie* effectivement employée.

On aboutirait évidemment au même résultat en combinant de diverses façons les mouvements relatifs des fentes, de l'image du Soleil et de la plaque photographique : de toutes ces solutions, théoriquement équivalentes, on choisira celles dont la réalisation pratique offrira moins de difficultés ou plus de garanties d'un fonctionnement régulier. C'est par leur disposition mécanique, et non par les principes qu'ils mettent en œuvre, que diffèrent entre eux les spectrohéliographes de M. Deslandres et de M. Hale, les inventeurs de ces précieux instruments et les promoteurs de ces nouvelles recherches.

Nous venons de décrire le spectrohéliographe *enregistreur des formes*. M. Deslandres a montré qu'on pouvait s'en servir autrement et dans un autre but.

Ouvrons largement la *seconde fente* de façon qu'elle isole non seulement une raie déterminée, la raie K du calcium par exemple, mais qu'elle livre aussi passage à une petite portion voisine du spectre de Fraunhofer. Donnons aux diverses parties de l'appareil les mêmes

mouvements relatifs que tantôt, seulement, de *continus* qu'ils étaient, rendons-les *discontinus*. Nous obtiendrons une série d'images distinctes et juxtaposées de la même partie du spectre, mais appartenant aux tranches du disque solaire successivement encadrées par la première fente. Si, en quelqu'une de ces régions, la vapeur de calcium qui donne naissance à la raie K, est animée d'un mouvement qui la rapproche ou s'éloigne de nous, la position de cette raie par rapport aux raies de Fraunhofer voisines, photographiées en même temps qu'elle, sera déplacée vers le violet ou vers le rouge, et le principe de Döppler-Fizeau permettra de calculer la grandeur de cette vitesse radiale.

On ne peut assez admirer ces merveilleux instruments qui reculent les bornes du possible et triomphent de l'obstacle qu'opposa si longtemps à l'étude du Soleil son éblouissante clarté. Les principes sur lesquels reposent ces nouvelles méthodes sont certains ou très vraisemblables ; les difficultés qu'on y rencontre sont toutes d'exécution, mais elles sont considérables. La mine est ouverte et semble inépuisable, mais elle est riche surtout en problèmes à résoudre qui en feront naître de plus délicats. Les astronomes affineront leurs instruments et se rendront de plus en plus habiles à les manier, mais ils se heurteront souvent à des réalités confuses, mal définies, et les illusions, les méprises pourront trouver place à côté des faits. Aux difficultés vaincues succèderont d'autres difficultés plus grandes encore, et ce sera à travers mille obstacles, au prix surtout d'un immense labeur que l'on s'approchera de la vérité.

Cette marche en avant est à peine commencée. Jusqu'ici, en effet, on n'a guère utilisé, pour ce nouveau genre de recherches, que certaines raies du calcium et de l'hydrogène et, avec moins d'application,

quelques raies du carbone et du fer. Mais l'intérêt de ces premiers travaux est considérable.

On donne le nom de *spectrohéliogrammes*, aux photographies, en lumière monochromatique — on dirait mieux unisubstantielle — obtenues à l'aide du spectrohéliographe. Parlons d'abord de celles qu'ont données les raies du calcium.

D'une façon générale, elles sont beaucoup plus riches de détails que les photographies de la photosphère prises en lumière globale. Tandis que l'on soupçonne à peine sur celles-ci l'existence des facules loin des bords du disque solaire, même au voisinage des taches, les spectrohéliogrammes nous les montrent partout, autour des taches quelle que soit leur situation, et disséminées sur la surface de la photosphère.

Mais ce qui, dans ces images, excite surtout l'intérêt, c'est qu'elles nous révèlent, au sein de la chromosphère entière, l'existence de nuages incandescents en relations très étroites avec les plages brillantes de la photosphère. Ces nuages sont, en général, plus étendus que les facules auxquelles ils correspondent, et ils le sont d'autant plus que la partie de la raie du calcium qui a servi à impressionner la plaque sensible appartient à des *couches plus élevées*. En s'épanouissant ainsi ces nuages changent de forme et en arrivent à ne plus présenter qu'une ressemblance lointaine avec les facules qu'ils surmontent. En même temps, le noyau obscur des taches que ces facules entourent s'efface progressivement et disparaît même complètement sous ce voile incandescent.

Les gros amas de vapeur de calcium qui flottent dans la chromosphère dont ils font partie, abondent surtout au-dessus des *zones royales*, voisines de l'équateur, où les taches sont confinées. Là aussi, et sur toute

l'étendue de la chromosphère, d'autres nuages brillants, de même nature mais plus petits, liés sans doute aux granulations de la photosphère, comme les premiers le sont aux facules, complètent l'image en laissant entre eux des traits sombres dont l'ensemble rappelle le *réseau photosphérique*.

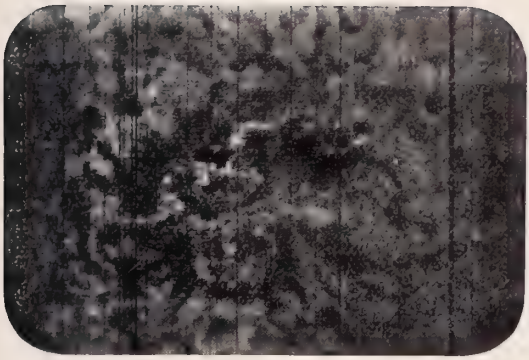
A tous ces nuages, grands et petits, on a donné le nom de *flocculi*.

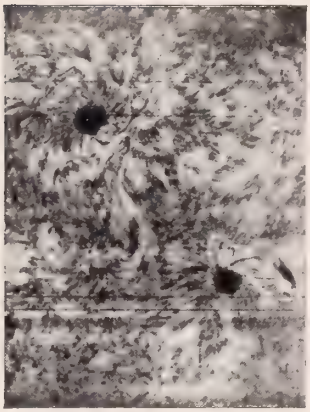
Le calcium n'est pas seul à nous en montrer. M. Deslandres a utilisé, de la même façon, d'autres raies du spectre solaire, appartenant au fer et au carbone. Elles donnent aussi des plages brillantes, des *flocculi*, qui correspondent aux facules, au moins dans les couches basses de la chromosphère.

L'étude des *couches supérieures* est plus intéressante encore. On s'en est occupé surtout à l'observatoire de Meudon où un grand nombre de spectrohéliogrammes ont été imprimés en isolant le trait noir central K_3, de la raie K, du calcium, et le milieu de la raie H_α de l'hydrogène — la raie C de Fraunhofer — qui, dans le spectre des facules et des granulations, présente la structure complexe de la raie K.

Un phénomène nouveau s'y est révélé : des lignes noires souvent très longues et dont l'importance croît avec la hauteur des couches observées, sillonnent ces images d'aspect général plus simple et moins encombrées de *flocculi* brillants. M. Deslandres leur a donné le nom de *filaments*. Déjà Hale et Ellermann les avaient signalés en 1903 et 1908, sous le nom de *flocculi noirs*, dans des photogrammes où les couches moyennes mêlaient leurs radiations à celles des couches supérieures; mais il ressort des observations de Meudon, que ces filaments sont bien *caractéristiques des couches élevées* de la chromosphère.

Leur aire totale surpasse celle des taches ; ils per-





Spectrohéliogrammes. Hydrogène. Couche moyenne.
Mouvements tourbillonnaires dans les taches.

Spectrohéliogramme. Hydrogène. Couche supérieure.

sistent parfois pendant plusieurs rotations du Soleil, comme les taches elles-mêmes, mais ils ne leur correspondent pas comme les *flocculi* correspondent aux facules : les *filaments* se montrent partout, même aux latitudes élevées où ils se groupent parfois suivant une courbe qui entoure tantôt l'un tantôt l'autre pôle, mais n'est pas un parallèle. Ce serait aux *protubérances* qu'il faudrait peut-être les rattacher.

Des *traînées* sombres, moins nettes et d'apparence discontinue, accompagnent souvent les filaments et courent parfois d'un bord du disque à l'autre. Tous ces alignements se croisent en tous sens, mais avec une tendance à suivre des directions privilégiées qui découpent la surface en polygones juxtaposés plus ou moins réguliers. Ces observations ont rappelé à M. Deslandres les belles expériences de laboratoire entreprises par M. Bénard sur les phénomènes qui se passent au sein d'une mince couche de liquide chauffée par sa base et se refroidissant par sa surface libre (1) : des courants de convection s'y établissent, en régime permanent, qui tendent à partager le liquide en petits tourbillons élémentaires dont la juxtaposition donne à la surface libre du liquide l'apparence d'une gaufre d'abeilles. Aux frontières de deux cellules voisines, les mouvements sont verticaux et concordants ; ils sont verticaux et de sens inverse au centre du tourbillon. Dans la pensée de M. Deslandres, le réseau géométrique des *traînées* et des *filaments*, dans les couches élevées de la chromosphère, et le réseau des *flocculi* dans les couches moyennes seraient des indices de la segmentation de la masse fluide de la chromosphère en tourbillons cellulaires. Si ce rapprochement se montrait fécond

(1) H. Bénard, *Les tourbillons cellulaires dans une nappe liquide*, REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES PURES ET APPLIQUÉES, t. XI (1900), pp. 1261 et 1309.

dans l'interprétation des phénomènes solaires, il est vraisemblable qu'il trouverait aussi son application en météorologie et aiderait au progrès de la dynamique de notre atmosphère.

Comparées aux images du calcium, dont les *flocculi* brillent sur un fond sombre, celles de l'hydrogène, où le contraste est souvent renversé, présentent d'autres différences notables signalées d'abord par M. Hale et que les observations de Meudon mettent bien en lumière. Il en est une surtout qu'il faut rappeler ici pour l'excellent parti qu'a su en tirer le savant astronome américain.

Dans les images de l'hydrogène, très riches de détails, qui correspondent aux *couches moyennes*, la matière se montre animée de mouvements violents et, au premier aspect, très désordonnés ; mais un examen attentif décèle bientôt dans ce chaos des *lignes de courant* dont la disposition rappelle le spectre magnétique, à limaille de fer, de l'expérience classique. Autour des taches, ces *lignes de courant s'incurvent en spirales*. Toutes les épreuves n'imposent pas cette impression avec la même netteté, mais il en est beaucoup où elle est irrésistible : c'est bien à un *mouvement tourbillonnaire* que l'on a affaire.

A la fin de mai 1908, M. Hale put suivre, sur une série d'images prises à intervalles rapprochés, la marche en spirale d'un gros *flocculus* sombre qui finit par s'engouffrer au centre du tourbillon. Il mesura sa vitesse qu'il trouva égale à 100 kilomètres environ à la seconde. D'autres épreuves témoignèrent, par des faits du même genre, de l'existence de ces tourbillons, tant et si bien que M. Hale en vint à se demander si, la réalité de ces mouvements gyratoires étant admise, on ne pouvait en déduire quelque conséquence susceptible de vérifi-

cation expérimentale, qui servirait de contrôle, et, en cas de succès, enrichirait la physique solaire d'une conquête nouvelle. Voici l'inspiration heureuse à laquelle il s'abandonna.

L'atmosphère solaire, nous l'avons vu, est vraisemblement, de la base au sommet, riche en *électrons négatifs* émis par la photosphère. Si des tourbillons existent au sein de cette atmosphère, ils emportent donc avec eux de la *matière électrisée* et doivent dès lors donner naissance à des *courants de convection* créant autour d'eux un *champ magnétique* dont l'intensité est proportionnelle à la vitesse du tourbillon : si celle-ci est assez grande, il sera peut-être possible de révéler l'existence de ce champ par l'observation de l'*effet Zeeman*.

De fait, on a signalé depuis longtemps des *dédoublements* de raies dans le spectre des taches ; on les a interprétés, il est vrai, de diverses façons, mais s'il était prouvé que *les composantes de ces doublets rayonnent de la lumière polarisée* comme le veut l'effet Zeeman, nous aurions tous les éléments d'une preuve péremptoire de l'existence du *champ magnétique*, en même temps qu'une confirmation de la présence d'électrons et de la réalité des tourbillons au sein de la chromosphère qui surmonte la tache.

Restait à mener à bien cette recherche extrêmement délicate. M. Hale y a pleinement réussi : *L'effet Zeeman a été dûment constaté dans le spectre des taches*, et le champ magnétique qu'il révèle est bien celui que produiraient des charges électriques négatives en mouvement gyratoire dans le sens indiqué par les lignes de courant des images photographiques. *Les taches du Soleil s'accompagnent donc de tourbillons de matière électrisée.*

Cette belle découverte couronne les trois siècles

d'efforts dont nous venons d'esquisser l'histoire. Avant d'en tirer toutes les conséquences qu'elle comporte, il convient d'attendre que de nouvelles observations en aient précisé la portée ; mais il faut admirer sans réserve la sagacité du savant astronome américain et applaudir à son brillant succès.

On ne pouvait, de plus heureuse façon, célébrer le troisième centenaire de la découverte des taches du Soleil.

J. Thirion, S. J.

LA SIGNIFICATION STRATÉGIQUE

DES

FORTIFICATIONS DE FLESSINGUE

La question des fortifications de Flessingue est à l'ordre du jour, en Europe occidentale. Les journaux et les revues l'ont envisagée sous les aspects les plus divers. Ils ont tantôt soulevé la question de droit international, tantôt discuté la portée stratégique du projet du gouvernement néerlandais. Ils se sont demandé si les ouvrages défensifs qu'on se propose de construire n'assureront pas à la nation qui les occupera, au détriment des autres, et par rapport à l'Escaut, fleuve international, des avantages analogues à ceux que détient l'Angleterre, à l'entrée de la Méditerranée, grâce à la possession du rocher de Gibraltar. Ils se sont également inquiétés de la situation militaire nouvelle de la Belgique, vis-à-vis de ses deux puissants voisins, et des avantages que ceux-ci pourraient retirer de la barrière du Hont.

Pour le grand public belge, qui se désintéresse des discussions théoriques, le point de vue du droit des gens ne mérite d'être abordé que s'il est démontré que les fortifications de Flessingue sont, indirectement, une menace sérieuse pour la prospérité du pays ou sa neutralité. Nous voudrions résumer ici ce qui en a été dit,

en nous restreignant au point de vue militaire, et sans prétendre d'ailleurs être complet.

Bien des gens ont mesuré l'importance de la résolution des Hollandais à l'émotion qu'elle a soulevée, sans se rendre nettement compte de cette émotion ; on nous pardonnera d'aborder, en faveur des lecteurs peu habitués aux problèmes militaires, certains points dont, à première vue, on n'aperçoit pas les relations avec les forts de l'Escaut occidental. L'importance stratégique que l'on prête à l'embouchure de ce fleuve, nous amènera à envisager certaines phases d'un conflit toujours possible entre les grandes puissances qui ont, avec la Belgique, une frontière commune. Nous réduirons d'ailleurs ces détails, qui seraient superflus dans une revue militaire, à leur plus simple expression.

Nous donnerons d'abord une idée du projet de défense de nos voisins du Nord contre un ennemi personnel, et nous rechercherons s'il justifie ou non les travaux projetés. Nous aborderons ensuite le rôle international des bouches de l'Escaut et nous examinerons successivement si les fortifications nouvelles favoriseraient ou contrarieraient soit l'arrivée de renforts anglais en Belgique, dans l'hypothèse où notre neutralité se trouverait violée, soit la coopération du corps expéditionnaire d'Outre-Manche dans les phases d'un conflit anglo-franco-allemand, soit, enfin, les opérations de flottes étrangères à la Hollande.

I

IMPORTANCE NATIONALE DES FORTIFICATIONS DE FLESSINGUE

Pour étudier cette première partie de la question, il importe de fixer d'abord les idées en résumant brièvement les principes qui paraissent avoir été adop-

tés par l'État-Major néerlandais pour réaliser le meilleur emploi de l'armée nationale et assurer la sauvegarde des Pays-Bas. On ne perdra pas de vue que cet État ne serait pas forcément neutre, comme la Belgique, dans un conflit international : il pourrait éventuellement prendre part à la lutte, si des intérêts majeurs et personnels l'y invitaient.

Le chiffre réduit de la population et les dimensions restreintes du territoire ont, naturellement, porté les Hollandais à envisager très sérieusement la *défense* du pays. Celle-ci d'ailleurs est considérablement facilitée par la composition et le faible relief du sol : ce que l'on a demandé aux fortifications, c'est d'améliorer les conditions de la lutte et de se substituer à la nature là où celle-ci n'avait pas créé les obstacles désirables.

En principe, et avec beaucoup de bon sens, nos voisins du Nord ne prétendent pas rendre tout le territoire inviolable ; ils centralisent tous leurs moyens de défense dans les provinces de Hollande et, en partie, dans la province d'Utrecht. Cette région peut être séparée du reste du territoire par la ligne fictive Muiden-Gorinchem (voir la carte). C'est dans ce rectangle que la population est la plus dense et la plus riche ; c'est là que se trouvent la capitale du pays, la résidence et le siège du gouvernement ; c'est là, enfin, que les villes les plus considérables et les ports les plus importants se sont concentrés.

Il est aussi des arguments militaires pour justifier le choix de ces provinces comme réduit de la défense du pays. La mer du Nord à l'ouest, le Zuiderzée au Nord et au Nord-est, les bras de la Meuse et du Rhin au Sud, limitent le théâtre des opérations par des obstacles qu'une armée de quelqu'importance ne saurait aborder sans risquer un échec. Le front Est, le seul véritablement exposé, peut être rendu presqu'inaccessible grâce aux inondations. Le site est bas et les digues

constituent les seules voies d'accès. Les grands déploiements de troupes n'y sont donc généralement pas possibles ; on doit combattre sur des fronts étroits, dans des défilés ; la supériorité du nombre n'y est pas le grand argument de la victoire, et la lutte pied à pied peut se prolonger presqu'indéfiniment. Enfin les provinces de Hollande occupent, dans le pays, une position centrale, par rapport à la frontière de l'Est et elles en sont les plus éloignées.

Pour ne pas nous écarter de notre sujet, nous n'entrerons pas dans les détails relatifs aux trois lignes d'eau successives, qu'un adversaire, marchant vers l'Ouest, aurait à traverser sur des digues que défendent les ouvrages de fortification. Nous les signalerons seulement.

C'est d'abord la ligne de l'Yssel (100 km), qui est déterminée par le cours de cette rivière, puis par la digue Arnhem-Nimègue protégée par des inondations. Elle est peu importante, et on lui demanderait seulement de contenir l'ennemi jusqu'au moment où, plus à l'ouest, les inondations auraient été étendues.

C'est ensuite la ligne dite de Grebbe (50 km), marquée au nord du Lek par la dépression de l'Eem, et au sud de cette rivière, par une digue précédée d'inondations.

C'est enfin la nouvelle ligne d'eau hollandaise, la plus importante. Elle est renforcée par 12 forts et batteries, dont nous avons indiqué la direction générale sur la carte, par une suite de signes conventionnels d'ouvrages de fortification orientés Nord-sud. Le sol y est argileux et contient des tourbières basses ; il faut peu de profondeur d'eau pour rendre les abords de la ligne infranchissables sur une largeur de 10 à 20 km. Notons cette particularité : à hauteur d'Utrecht où les inondations n'ont que 5 km de largeur, les fortifications

sont construites en avant de celles-ci. C'est une tête de pont favorable à l'action offensive de l'armée hollandaise.

Un ennemi venant du Sud aurait peut-être avantage à obliquer vers le Nord-est pour aborder d'emblée la nouvelle ligne d'eau hollandaise, après avoir traversé successivement la Meuse et le Waal. Il ne paraît pas vraisemblable qu'il tente la traversée de ces bras de fleuve en aval de Geertruiden, sous le canon de cette ville et sous les feux de Willemstad. Ce serait une entreprise téméraire, quelque perfectionnés que soient les moyens de passage des rivières dont les pontonniers disposent aujourd'hui.

Dans l'étude des possibilités d'envahissement des provinces de Hollande par le Sud, l'État-Major hollandais a envisagé le cas où l'envahisseur voudrait faire une descente de grande envergure par les bouches de la Meuse et du Rhin. Pour contrarier les intentions de l'adversaire, il a décidé la construction, aux environs de Willemstad, d'un groupe d'ouvrages qui interdit la navigation vers Dordrecht et Rotterdam, soit par le Haring-Vliet, soit par le Volkerak. Il a aussi fait construire les fortifications de Hellevoetsluis (Ile de Voorne) dans un but analogue : contrarier le passage d'une flotte qui tenterait de jeter des troupes dans l'île de Beyerland pour tourner les lignes d'eau de l'Est.

Le littoral est défendu en appliquant les principes généralement adoptés : de loin en loin, des forts de côte, sertis aux endroits favorables à un débarquement de troupes nombreuses ou à l'entrée des voies d'accès de l'océan aux ports de premier ordre. La place du Helder barre la passe du Texel et interdit aux bâtiments de guerre le seul accès du Zuiderzee. Le fort d'Ymuiden est situé à l'entrée du Noordzee Kanaal, qui relie Amsterdam à la Mer du Nord. Enfin, un fort construit à hauteur du Hoek van Holland disputerait aux envahisseurs l'utilisation du Nieuw Waterweg

vers Rotterdam. La difficulté inhérente au débarquement de troupes nombreuses, en présence de l'ennemi, constitue une garantie naturelle pour le littoral des Provinces-Unies. Comme celles-ci possèdent une escadre, il était indispensable de lui assurer un port de guerre, qui servirait de base à ses opérations et la mettrait à l'abri du tir de l'adversaire dans le cas où elle aurait subi un échec en haute mer. Le Helder fut adopté à cette fin parce qu'il convenait le mieux à tous points de vue. Les garde-côtes, et la flottille de torpilleurs et de sous-marins, qui ont un rayon d'action plus restreint, peuvent prendre barre dans les chenaux, à l'abri de fortifications côtières moins complètes. Évidemment, plus les refuges se multiplient pour ces bateaux, plus la défense se prête à des combinaisons avantageuses.

Encore la conquête de la Hollande ne serait-elle achevée que par la prise d'Amsterdam ; or ce camp retranché est, aux Pays-Bas, ce que la place d'Anvers est à la Belgique. Il comprend une ceinture de 36 forts. C'est là que l'armée hollandaise, repoussée par un adversaire victorieux, espère prolonger la lutte jusqu'à ce que l'assiégeant, fatigué par l'effort considérable qu'il aurait dû fournir, noyé par les inondations et ruiné par les frais de la guerre, offre aux défenseurs des conditions de paix honorables.

Les intentions les plus récentes de l'État-Major néerlandais se sont traduites il y a quelques temps par un projet de loi déposé par le gouvernement à la deuxième Chambre des États généraux. C'est ce projet qui a soulevé une si vive émotion en France, en Angleterre et même dans certains milieux belges. On y propose la création d'un fonds spécial pour assurer : 1° l'amélioration des fronts de mer et la constitution de l'armement, du matériel, etc... nécessaires dans les passes du

Texel (Helder), du Hoek van Holland, du Haringvliet, du Hollandsch Diep et du Volkerak et dans le port d'Ymuiden. 2° La rectification du front de terre au sud du Helder (1). 3° *La construction de nouveaux ouvrages défensifs sur l'Escaut occidental, comprenant la fortification de Flessingue.* 4° L'acquisition de 8 torpilleurs de haute mer, 14 canonnières cuirassées, 2 sous-marins et de mines sous-marines destinées à barrer les passes.

La dépense totale était évaluée à 80 577 000 francs dont 52 668 000 pour les ouvrages et 27 909 000 pour le matériel.

Si, tenant compte de l'exposé qui précéde, nous jetons un regard sur la carte, nous devons bien avouer que les relations entre les fortifications de Flessingue et le système défensif de la Hollande ne sautent pas immédiatement aux yeux. Pourquoi un ennemi, venant de la mer du Nord, chercherait-il à pénétrer dans l'Escaut occidental à 50 kilomètres de la ligne Hellevoetsluis-Willemstadt, qui limite le réduit hollandais ? Nous ne voyons d'autre réponse à cette question que celle-ci : l'adversaire, Anglais ou Français, voudrait prendre pied dans les Pays-Bas, hors de portée de l'armée hollandaise, sans violer la neutralité belge, pour marcher ensuite sur Amsterdam par Bréda. Cette hypothèse n'est pas dépourvue de vraisemblance, et cela suffit à la justifier. La vraisemblance serait plus grande, il faut le reconnaître, si on se proposait également d'interdire l'accès de l'île Zuid-Beveland par le Nord. Il ne paraît pas en être question dans le projet de loi que nous avons résumé, à moins que l'on ne laisse à des torpilles et aux bancs de sable le soin de défendre l'entrée de l'Escaut oriental. Enfin, on peut ajouter que

(1) La place du Helder empêche, en outre, l'ennemi d'utiliser le canal du Noord-Holland pour amener, devant Amsterdam, des matériaux pondéreux de siège.

les fortifications projetées auraient pour conséquence de donner aux manœuvres des gardes-côtes et des flottilles, une élasticité plus grande.

Il semble donc résulter, de cette première partie de notre étude, que l'intention de fortifier le Hont peut, à tout prendre, se justifier au point de vue exclusif de la défense nationale.

II

IMPORTANCE INTERNATIONALE DES FORTIFICATIONS DE FLESSINGUE

A. — *Au point de vue terrestre*

1. *Hypothèse d'une tentative de conquête de la Belgique, par les Français ou les Allemands.* — Bien que cette hypothèse paraisse peu probable dans l'état actuel de la politique européenne, nous ne pouvons nous dispenser de l'examiner : elle peut, en effet, le devenir dans un avenir plus ou moins éloigné ; de plus, les conclusions auxquelles elle nous conduira rendront la suite de notre exposé moins ardue.

Voici, nous semble-t-il, comment on pourrait poser le problème : si la France ou l'Allemagne tentait la conquête de la Belgique, les fortifications de Flessingue modifieraient-elles la portée du concours que nous prêterait éventuellement l'Angleterre ?

Supposons d'abord que notre armée ait eu le temps de se mobiliser : les troupes belges qui auront toujours affaire à un adversaire puissant, et qui sont obligées de se mouvoir sur un théâtre exigu ne se laisseront pas couper d'Anvers, notre réduit national. Après une première série de batailles, dont le résultat final ne semble pas douteux si l'envahisseur profite de son écrasante

supériorité numérique, notre armée viendra reprendre barre à la forteresse, et, tout entière, déduction faite des pertes subies en rase campagne et des troupes laissées à Namur, à Huy et à Liége, elle formera la garnison de défense du camp retranché.

L'effectif approximatif de 150 000 hommes dont le gouverneur militaire de notre métropole prendrait le commandement, suffirait-il pour que la durée du siège lasse la patience de l'adversaire et donne aux États intéressés à notre existence politique le temps d'intervenir en notre faveur ? La question est très complexe. Il ne semble pas possible de la résoudre par une discussion dont les bases font défaut. Ainsi, par exemple, la pratique de la guerre seule permettrait d'apprécier l'énergie du gouverneur, âme de la résistance, et c'est là une donnée importante du problème. Que l'on se souvienne de Port-Arthur, où la fin malheureuse du général Kondratenko exerça sur les Russes une influence morale si déprimante, qu'à partir de sa mort les progrès de l'assaillant furent de plus en plus rapides et de moins en moins sanglants.

Il convient toutefois de rappeler qu'en Extrême-Orient une garnison de 35 000 hommes environ a tenu tête, pendant 242 jours, au corps de siège japonais dont on évalue l'effectif à 160 000 combattants, renforts compris. La place forte avait un pourtour de 28 km., dont un front de mer de 7 à 8 km. S'il était permis de calculer d'après cela la garnison d'Anvers, par une simple règle de trois, on aboutirait à ce résultat que 140 000 hommes seraient suffisants pour y résister à l'envahisseur (1). Si, en outre, on tenait compte de l'écrasante

(1) Le front de mer, partie inaccessible à Port-Arthur, aurait son équivalent dans nos inondations autour d'Anvers. Nous faisons d'ailleurs toutes nos réserves sur la règle de trois que nous appliquons dans le cas envisagé pour introduire dans les calculs un coefficient de sécurité qui précise notre raisonnement.

supériorité de nos forts modernes sur ceux de Port-Arthur, et de la présence à l'intérieur de la place des milliers de bras de la population civile, ce qui n'était pas le cas en Extrême-Orient, on pourrait peut-être affirmer que l'armée belge de 150 000 hommes représenterait amplement l'effectif *nécessaire* à un chef énergique pour défendre notre réduit national. En ce cas, elle serait l'effectif *suffisant*. Il existe, en effet, pour une place forte donnée, une limite à partir de laquelle l'accroissement du nombre des défenseurs est plus nuisible qu'utile. Trop de bouches à nourrir réduisent automatiquement la durée du siège, qui se mesure alors à la quantité des approvisionnements et non plus au courage des défenseurs (1). S'il en était autrement, l'apport des fortifications prendrait une importance telle que l'art de la guerre consisterait à défendre un vaste camp retranché pourvu, dès le temps de paix, de tous les perfectionnements que suggère l'industrie moderne. Mais le triste sort des troupes de Bazaine à Metz, en 1870, démontre qu'une armée capable de tenir tête à l'ennemi ne doit se laisser enfermer dans une forteresse que si elle ne peut plus faire autre chose. Elle franchit la dernière étape avant la capitulation.

La pléthore des troupes dans une ville fortifiée crée une situation désastreuse. L'idéal même serait de ne pas devoir recourir à l'art qui rendit Vauban célèbre et de combler de sa sollicitude l'armée de campagne ; mais c'est un idéal.

(1) On peut dire dans cet ordre d'idées que l'échec de Stackelberg à Wafangou fut providentiel pour les Russes. Kouropatkine, pour céder aux sollicitations de St-Pétersbourg, avait ordonné à ce général d'aller avec 35 000 hommes débloquer Port-Arthur. Si l'armée de secours avait pu percer l'ennemi, elle aurait subi l'attraction de la forteresse et s'y serait fait enfermer. La garnison eût été doublée. La conséquence de ce haut fait eût été la suivante : réduction de la durée du siège de 8 à 5 mois, car au moment de la capitulation il restait encore à Port-Arthur environ 2 000 000 de rations de vivres.

Puisque, selon toute vraisemblance, avec un Gouverneur digne de son haut commandement, l'armée belge est *nécessaire* et *suffisante* pour défendre Anvers, l'envoi de troupes de secours d'une nation amie, *à l'intérieur du camp retranché*, serait difficilement justifiable. La mission rationnelle d'une armée anglaise, par exemple, consisterait à manœuvrer contre l'ennemi commun sans jamais se laisser attirer par la forteresse ; nous allons démontrer ces deux affirmations.

Et d'abord, quelles missions pourraient être dévolues près d'Anvers, à ces troupes de surplus ? Celles-ci feraient double emploi sur la ligne des forts puisque, par hypothèse, l'armée belge suffit à tous les besoins. Restent à envisager les sorties de grand style. Mais il est facile de démontrer qu'une opération de ce genre, menée avec la plus grande énergie et couronnée du succès le plus franc, ne peut donner un profit proportionné aux pertes qu'elle entraîne. L'assaillant est, par définition, très supérieur en nombre ; sinon, il ne se risquerait pas à entamer le siège. Sous la protection de la cavalerie et des avant-gardes, il procède progressivement, au début de son entreprise, à l'enveloppement de la place. Les premières troupes en position se couvrent de tranchées : elles garantissent les flancs des unités qui les suivent et qui cherchent à s'installer, de part et d'autre des premières, dans le secteur qui leur est réservé. La prise de possession du terrain en tache d'huile se continue jusqu'au moment où les ailes se rejoignent et où la place est investie. Cette période d'installation est critique pour l'assiégeant. Pendant cette phase des hostilités, de grandes sorties peuvent être effectuées, pour rompre l'investissement, détruire les travaux de terrassement, bouleverser les batteries et bousculer l'adversaire. Comme on est en dehors de la portée efficace de la grosse artillerie des forts les plus avancés, la sortie revêt alors le caractère d'une

opération de rase campagne. La présence de la forteresse n'est donc d'aucun appoint et on a bien peu de chance de bousculer l'ennemi, puisqu'on avoue implicitement sa faiblesse en se laissant acculer au camp retranché. C'est cependant le seul moment où une grande sortie puisse produire un résultat appréciable. Qu'arrivera-t-il ultérieurement ? L'assiégeant, après avoir investi la place, aura bouleversé le sol et créé à son tour une série d'ouvrages de fortification passagère, analogues à ceux de la défense, dans lesquels seront réparties ses troupes de résistance aux entreprises de l'assiégé. Toute sortie, tentée avec des effectifs considérables, court les plus grands risques d'être vouée à l'insuccès. En effet, si l'on s'efforce de percer la contrevallation en un point, on doit s'attendre à essuyer les feux concentriques de l'assiégeant dont le front de bataille est concave. Les réserves, disséminées autour du camp retranché, accourent de tous côtés et tombent dans le flanc des téméraires : c'est la bataille livrée dans les conditions les plus désavantageuses ! Et quand bien même, par un hasard tenant du miracle, on serait le vainqueur de la journée, quel serait le fruit de la victoire ? La possibilité de quitter la place ? Mais alors pourquoi s'y être fait enfermer ? Le retour dans la forteresse ? Mais c'est transformer le succès tactique en échec moral, puisque l'ennemi reste maître du terrain. D'ailleurs, si on veut se contenter de bouleverser les travaux de l'assiégeant, point n'est besoin de sortie de grand style. La garnison normale de la forteresse suffit à ce genre d'opérations.

Nous devons encore signaler parmi les dangers du séjour de l'armée de secours à Anvers, les probabilités de mésentente des généraux belges et anglais dans le camp retranché ; ces derniers consentiraient-ils à se placer sous les ordres des premiers ? Quant on vient au secours d'une armée, fût-ce par intérêt, on se croit

instinctivement le droit d'avoir quelques prétentions ! Cependant il n'y a pas à discuter au point de vue militaire : tous les officiers de la garnison, quel que soit leur grade, doivent, s'ils ne veulent pas renoncer à leur commandement, déférer aux ordres du Gouverneur d'une place attaquée. Celui-ci est responsable, donc il doit commander.

Nous avons montré, croyons-nous, que l'armée anglaise incorporée dans la place serait défavorable à la bonne défense d'Anvers par l'introduction d'un surcroît inutile de bouches à nourrir. Nous allons faire un pas de plus, et établir que, si cette même armée agissait en rase campagne, elle obtiendrait un résultat très intéressant.

Il importe, pour l'exposé de notre raisonnement, que nous soyons fixés sur les effectifs que la Grande Bretagne peut déverser sur notre territoire. De l'examen des chiffres que nous fournit, en septembre 1910, le Bulletin de la Presse et de la Bibliographie militaires, il résulte que le corps expéditionnaire, c'est-à-dire la partie des troupes anglaises qui peuvent quitter normalement la mère patrie, comprend six divisions d'armée et une division de cavalerie. Au total, 1468 officiers, 130 962 soldats combattant, 60 769 chevaux, 360 canons de campagne, 72 obusiers, 24 pièces lourdes et 182 mitrailleuses.

Ces chiffres étant admis, nous pouvons calculer, largement bien entendu, les effectifs que l'envahisseur, désireux d'assiéger Anvers et obligé de se garder contre les Anglais, devrait envoyer en Belgique. La règle de trois que nous avons utilisée plus haut pour déterminer la garnison de défense du camp retranché ne peut plus être appliquée dans ce nouveau cas : elle nous ferait exagérer la réalité. Il ne faut pas oublier que l'organisation défensive d'une place est un édifice

dont il suffit de saper une base pour provoquer sa chute. Les méthodes de siège ne consistent donc pas à menacer tout le pourtour de la forteresse avec des forces uniformément réparties, mais à renforcer les troupes dans un secteur d'attaque pied à pied convenablement choisi, et à y accumuler le matériel d'artillerie. L'étendue de ce secteur est pour ainsi dire indépendante du rayon de la place. Les auteurs compétents admettent qu'il mesure 12 kilomètres de large. La densité d'occupation du terrain autour d'un camp retranché n'est donc pas une constante. Nous admettons avec ces mêmes auteurs que, le long des lignes d'investissement, il faut installer en moyenne, au début du siège, de 2 1/2 à 3 hommes par mètre courant et, dans le secteur d'attaque, trois divisions d'infanterie. S'il existe des inondations sur le pourtour de la place, la densité d'occupation peut être réduite.

Le développement de la contrevallation (1) atteindrait à Anvers 140 kilomètres au moins dont 40 kilomètres, peut-être, précédés d'inondations. Le corps de siège devrait donc comporter, si nos calculs étaient admis, à peu près 300 000 hommes.

Quand la contrevallation est terminée, la densité d'occupation des lignes d'investissement peut être réduite grâce à l'appoint des travaux de terrassement. Admettons, pour fixer les idées, une économie de 50 000 hommes ; il en reste 250 000. Mais il faut encore évaluer les renforts destinés à combler les vides creusés par les blessures et les maladies. A Port-Arthur, où l'armée de siège comprenait une moyenne de 80 000 combattants, il y eut 95 000 Japonais mis hors de combat, dont 26 000 seulement à la suite de maladies ; le reste des hommes furent tués ou blessés. Nous admettons, par analogie, que l'assiégeant à Anvers

(1) Mesurée sur la ligne d'investissement.

subirait un déchet de 100 000 hommes dû aux projectiles, et de 75 000 malades par an (1).

Le siège d'Anvers exigerait donc, en chiffres ronds, l'effort de 425 000 hommes au moins, à condition que l'effectif de la garnison de défense ne comprenne que les troupes de l'armée belge. Chose paradoxale, mais que nous avons démontrée, des renforts anglais, à l'intérieur de la place, risqueraient de réduire l'importance de l'effort de l'assiégeant en limitant la durée des hostilités.

Supposons maintenant que l'armée anglaise débarque sur notre littoral à Ostende ou à Zeebrugge. Quelle serait l'influence de ce nouvel élément du problème ? L'envahisseur, qui ne fait plus de circonvallation, devrait opposer, aux troupes de secours, des forces au moins équivalentes ; soit 135 000 hommes. Les Anglais de 1810 ont montré aux généraux de Napoléon, en Portugal, ce qu'ils étaient capables de faire quand ils avaient un point d'appui à la mer. Leurs petits enfants seraient-ils moins valeureux ? Nous n'avons aucune raison de le supposer.

Dès lors, si sous les murs d'Anvers les secours anglais ne doivent nous être d'aucune utilité, par contre, appuyés sur le littoral ils nous aideraient à tenir en haleine 560 000 adversaires. Le bénéfice net de cette dernière combinaison est, question de durée du siège même mise à part, un supplément d'effort de 135 000 hommes pour l'ennemi. C'est un bénéfice de 31 p. c. Voilà une opération usuraire que personne ne critiquera chez nous !

Les fortifications de Flessingue introduisent-elles un fait nouveau qui implique la revision de notre raison-

(1) Le nombre des malades peut être considéré comme proportionnel à celui des effectifs ; mais comme les combats sanglants ne se livrent que dans un secteur de 12 kilomètres, les pertes causées par les armes ne suivent pas la même loi.

nement ? Elles empêcheront les renforts anglais d'arriver à Anvers, disent les pessimistes, parce que l'article 2 du chap. I de la Convention de la Haye de 1907 concernant les Droits et Devoirs des Puissances, en cas de guerre sur terre, stipule qu'« il est interdit aux belligérants de faire passer, à travers le territoire d'un pays neutre, des troupes ou des convois, soit de munitions, soit d'approvisionnements », et parce que l'article 5 ajoute : « une Puissance neutre ne doit tolérer sur son territoire aucun des actes prévus à l'art. 2 ». Comme la question du caractère international de l'Escaut n'est pas résolue de la même manière par tous les spécialistes du droit des gens, rien ne sera plus facile à un adversaire puissant que d'adopter l'interprétation favorable à ses intérêts et d'obliger moralement la Hollande à interdire l'entrée du fleuve aux renforts anglais, sous la menace d'un *casus belli*.

Tant mieux, répondrons-nous à cette critique, car les fortifications de Flessingue nous auront rendu un service signalé en nous épargnant la délicate mission de devoir faire comprendre à nos amis que nous ne désirons pas leur présence à Anvers.

Mais, dit-on encore, les batteries du Hont empêcheront également les vivres d'entrer dans la place par voie d'eau. L'objection mérite examen. Elle peut cependant être contestée, car l'article 7 du chapitre précité de la Convention de la Haye stipule que « la Puissance neutre n'est pas tenue d'empêcher l'exportation ou le transit, pour le compte de l'un ou de l'autre des belligérants, d'armes, de munitions et, en général, de tout ce qui peut être utile à une armée ou à une flotte. » Vouloir forcer la main aux Hollandais serait plus grave dans cette hypothèse que dans le cas précédent. Ici le texte est clair et son application ne peut se dénaturer par une interprétation intéressée de la situation internationale de l'Escaut. D'autre part ce serait un

comble si les Pays-Bas, qui ont élevé sur leur sol le temple de la Paix, étaient les premiers à renier les travaux des conférences.

Admettons cependant le succès d'une pression diplomatique sur nos voisins. Remarquons alors que son efficacité sera nulle avant la rupture des relations diplomatiques et inutile aussitôt qu'Anvers aura été investi, puisqu'à partir de ce moment l'assiégeant se chargera vraisemblablement du soin de rendre l'Escaut inaccessible aux grands navires (1). Or l'exiguité de nos frontières et la faiblesse relative de notre armée permettent de croire que l'intervalle de temps qui se sera écoulé entre la déclaration de guerre, suivie de l'invasion du territoire belge, et l'isolement d'Anvers, sera très court.

S'il est incontestable qu'il soit plus facile d'approvisionner une forteresse par voie d'eau que par voie ferrée, et que par conséquent, la fermeture de l'Escaut nous cause un certain préjudice, il ne faut pas l'exagérer. Lorsqu'une tension politique fera prévoir les hostilités, le Gouvernement, responsable devant le pays, saura prendre les mesures nécessaires pour favoriser l'afflux d'approvisionnements dans le réduit de la défense nationale avant la rupture des relations diplomatiques. Nous examinerons plus loin le cas où l'invasion serait brutale et imprévue.

(1) Un officier d'artillerie belge, qui a une longue expérience des forts du Bas-Escaut, et que nous avons eu l'occasion d'interroger au sujet du ravitaillement d'Anvers par voie d'eau, nous a dit, en résumé, que « si le ravitaillement de cette place par l'Escaut facilite la résolution de la question de l'approvisionnement en cas de siège, il suffit, par contre, de faire couler un navire de commerce ou deux dans la passe ou d'y jeter un barrage de mines pour obstruer celle-ci et ne plus permettre que l'arrivée des petits transports insignifiants pour une agglomération si dense. Le tout est de savoir si l'assiégeant saura introduire des navires, pour les faire couler dans la passe, s'il n'est pas maître de l'embouchure du fleuve et de la mer du Nord. Quant aux mines, l'ennemi ne saurait les poser en territoire belge, à cause de la proximité des nouveaux forts et de la frontière hollandaise ». Notons encore, pour nous faire une opinion, que les navires porteurs d'approvisionnements ne sont pas cuirassés. L'artillerie de l'assiégeant aura beau jeu de les couler.

La question de l'approvisionnement d'Anvers par voie d'eau nous amène auparavant à constater une particularité assez intéressante. La nouvelle ligne avancée du camp retranché comprend certains forts dont l'assiégeant ne pourrait s'approcher sans violer le territoire hollandais. On peut dire que toute la bande de terrain comprise entre Putten et l'Escaut est inaccessible. Si donc l'ennemi veut isoler complètement la place, il doit installer des troupes chez nos voisins du Nord et ceux-ci, devenus nos alliés, par suite de la convention de la Haye (1907), doivent favoriser le ravitaillement d'Anvers. Dès ce moment, tout se passe pour nous comme si les fortifications de Flessingue étaient inexistantes. Si l'assiégeant respecte le sol des Pays-Bas, notre réduit national n'est plus isolé au nord que par une barrière théorique. Il est possible cependant que l'envahisseur de la Belgique, s'il est puissant, mette les Hollandais en demeure de s'opposer au ravitaillement de la place quoi qu'il n'en ait pas le droit absolu. Qu'on se souvienne de l'ordre donné aux troupes allemandes la veille de Sedan, au moment où l'armée de Mac-Mahon pouvait peut-être chercher le salut dans notre pays : « Si l'ennemi pénétrait en territoire belge sans être immédiatement désarmé, on devrait l'y poursuivre sans hésiter », disait l'instruction du 30 août 1870. « Si l'ennemi introduisait des ravitaillements dans la place d'Anvers, sans que les Hollandais s'y opposent, on devrait pénétrer chez eux sans hésiter », stipulerait l'ordre du commandant de l'armée de siège.

On a dit que grâce à l'Escaut et tant que Flessingue resterait ville ouverte, le ravitaillement d'Anvers ne serait jamais complètement suspendu. On y a trouvé prétexte à s'émouvoir du projet de défense du Hont qui nous priverait de cet avantage ; la durée de la résistance de la place serait mathématiquement limitée à celle de la consommation des vivres. Admettons l'objection

sans en contester l'exactitude ; elle ne nous gène pas. On a en effet oublié un point essentiel en la soulevant, c'est de comparer la durée de la résistance des batteries et des forts isolés de Flessingue avec celle des points d'appui d'une place forte, bien garnie de troupes qu'il est possible de renouveler souvent, et bien soutenue par des réserves extérieures. Les fortifications de l'Escaut occidental sont des forts d'arrêt. Elles résisteront ce que résistent ces ouvrages : quelques semaines.

On peut être certain qu'elles auraient été réduites depuis longtemps par une escadre amie des Belges avant que la disette se fasse sentir à Anvers. Dans ces conditions le ravitaillement du camp retranché pourra toujours se faire en temps opportun.

Il nous reste à étudier le cas où une sorte d'État-apache, au moment où nous nous y attendons le moins, se jetterait sur notre pays pour l'annexer. Nous avouons examiner cette hypothèse sans conviction : elle suppose un bouleversement de la politique européenne qui dépasse notre imagination : toutes les grandes puissances devraient s'être mises d'accord pour nous sacrifier à l'une d'elles ; les Pays-Bas, auxquels notre sort donnerait cependant à réfléchir, prendraient position contre nous ; le Gouvernement belge n'aurait relevé aucun indice du péril suspendu à nos frontières ; l'État envahisseur foncerait sur nous sans se donner la peine de trouver un prétexte pour justifier son agression. Le concours simultané de tant d'invraisemblances rend-il la supposition plausible ? Examinons cependant l'éventualité.

Si le pays était pris à l'improviste, la situation serait grave. Dans ce cas l'armée belge aurait-elle seulement le temps de se mobiliser ? On peut en douter. Nous ne disposons pas, comme nos voisins de l'Est et du Sud, de corps de couverture tenant garnison à la frontière, avec

des effectifs de paix renforcés. Cependant, écrivait le général Brialmont en 1852 (1) « les petits États doivent toujours être sur leurs gardes puisque, en deux ou trois marches, on peut, des frontières voisines, se porter jusque devant leur capitale. Des coups de main de ce genre n'exigent ni beaucoup de matériel, ni de grands dépôts de vivres ni de munitions ; il suffit de concentrer, sur un point donné, assez de troupes pour dépasser les forteresses, se rendre maître d'une position importante et mettre le Gouvernement dans l'impossibilité de réunir ses forces ou d'organiser une défense sérieuse. Trente mille hommes ne soumettent pas un pays qui veut rester libre, mais trente mille hommes, parvenus à Bruxelles, pourraient, en désorganisant l'administration et en exploitant la terreur qui suit toujours les coups audacieux, rendre la concentration de l'armée impossible ou du moins opposer de nombreuses entraves à l'action du Gouvernement. »

Il est certain que si l'autorité responsable se laissait surprendre, notre indépendance se trouverait bien compromise. Et peut-être que, dans ce cas, si grâce aux troupes réunies hâtivement, nous pouvions repousser les premières attaques de vive force dirigées contre Anvers, l'appoint d'une division ou deux de l'armée anglaise dans le camp retranché nous serait des plus précieux.

Mais il reste encore à démontrer que ces divisions anglaises arriveraient jamais à Anvers. Si, comme on le prétend, il faut deux semaines avant que le premier transport puisse quitter les ports d'outre-Manche, l'envahisseur aura eu le temps de rendre les passes de l'Escaut infranchissables, et nous serions livrés à nos propres moyens. C'est alors par la force que tout le corps expéditionnaire, débarqué sur le littoral, devrait,

(1) *Situation politique et militaire de la Belgique.*

après avoir battu l'ennemi commun en rase campagne, percer la ligne d'investissement et nous jeter du renfort. Mais pourquoi débarquerait-il en Hollande, et se créerait-il un adversaire de plus ?

En résumé, nous avons beau examiner les suppositions les plus extraordinaires, nous ne parvenons pas à découvrir une atteinte vitale à nos moyens de défense, dans le cas où notre existence politique serait mise en jeu par une attaque directe. Aussi nous est-il impossible de ne pas nous inscrire en faux contre cette assertion du TIMES du 21 décembre 1910 : « Le projet hollandais, s'il était réalisé, ferait crouler tous les plans de défense adoptés par la Belgique. »

Nous insistons sur ce fait, en terminant ce chapitre, que cette discussion ne tend pas à prouver que les fortifications de Flessingue doivent nous laisser indifférents. Si le gouvernement néerlandais a toute liberté pour proposer les mesures qu'il estime nécessaires à la sécurité de l'État, il doit cependant le faire avec tact, courtoisie et honnêteté, sans violer nos droits acquis.

Mais une étude consciencieuse de la question nous a révélé que, au point de vue militaire, une solution du problème, contraire à nos droits, ne diminuerait pas sensiblement nos chances dans la lutte éventuelle. Nous avons essayé de rassurer le lecteur belge qui se serait laissé émouvoir par les exagérations de journalistes à l'affût d'événements sensationnels.

Si nous n'avons pas envisagé l'avantage, pour la Belgique, des fortifications à ériger contre une flotte remontant l'Escaut, c'est que nous sommes persuadés que notre place d'Anvers n'a pas besoin d'un tel bouclier pour se défendre.

2. *Hypothèse d'un conflit international.* — Si le cas d'une tentative d'annexion de la Belgique n'est pas dans les choses actuellement probables, il n'en est plus

de même d'un conflit anglo-franco-allemand, ou d'une conflagration presque générale en Europe. Le lecteur est trop au courant des oscillations de la politique internationale et de l'opposition des intérêts commerciaux et industriels de certains États, pour qu'il soit nécessaire d'insister.

Nous limiterons cette partie de notre travail à l'examen du théâtre d'opérations qui se trouve sur la rive gauche du Rhin, en aval de la frontière suisse.

A) *Les frontières et leur protection*

La frontière franco-allemande est tracée suivant un angle droit dont le sommet se trouve à hauteur de Strasbourg. La Belgique s'enfonce comme un coin dans le territoire des deux nations rivales et s'interpose à partir de Longwy.

De Moltke, lors du remaniement des frontières, en 1871, a beaucoup insisté pour obtenir une nouvelle ligne de séparation brisée. Il envisageait déjà l'éventualité d'une lutte nouvelle et se préoccupait d'assurer, aux armées allemandes, une base d'opérations favorable à l'enveloppement stratégique des troupes françaises.

Le chef d'État-Major de l'empereur Guillaume était un partisan convaincu des concentrations d'armée en équerre. Comme, à ses yeux, une grande bataille initiale devait déterminer, presque à coup sûr, l'orientation définitive de la lutte, il cherchait à disposer, dès le début, ses troupes de la manière la plus convenable pour envelopper l'adversaire sur le champ de bataille, et l'écraser sous l'effort de trois attaques concentriques en front et sur les deux ailes.

Les Français, mis, par la force, en présence d'un fait accompli, n'avaient, après la signature du traité de

Francfort, d'autre alternative que de s'efforcer de tirer le meilleur profit de la situation qui leur était faite. Comme la perte de deux provinces laissait la frontière de l'Est dégarnie, et comme, de plus, l'armée avait des blessures profondes à panser, il importait, avant tout, de faire renaître la confiance de la population, si vite énervée, en élevant une forte barrière contre une invasion subséquente éventuelle.

Le Comité de Défense de la République, se rendant aux propositions du général Séré de Rivières, fut d'avis d'édifier le rempart du côté de l'Est en profitant de deux coupures : la vallée de la Moselle depuis la source de cette rivière jusqu'à Toul, et la vallée de la Meuse en aval de cette ville. Il fut un moment question de fortifier Nancy. Mais les Allemands opposèrent leur véto et il fallut bien s'incliner.

Comme le temps des murailles de Chine n'était plus, on envisagea la construction de la frontière défensive d'une manière plus moderne : on érigerait quatre places fortes à grand développement, à Verdun, Toul, Épinal et Belfort, et on intercepterait le passage sur les routes donnant accès à l'Ouest, hors de la portée de ces forteresses, par des forts d'arrêt intermédiaires.

La mise à exécution du projet se traduisit par l'érection ou le perfectionnement de fortifications autour des villes précitées. On construisit des ouvrages isolés à Génicourt, Troyon, Les Paroches, St-Mihiel (fort du camp des Romains), Liouville, Gironville et Jouy, sur les côtes de la Meuse entre Verdun et Toul ; vers Arches, Remiremont, Rupt, le Tillot (fort du château Lambert), St-Maurice (fort du ballon de Servance) et Giromagny, entre Épinal et Belfort. De Toul à Épinal pas de fort d'arrêt dans la trouée de la Moselle. La distance de ces deux villes est de 70 km. environ à vol d'oiseau ; mais si on veut tenir compte de la portée efficace des canons des forteresses, la trouée se réduit

à 45 km. Elle est d'ailleurs coupée par une série de rivières parallèles, le Vesouac, la Meurthe, la Mortagne qui sont autant d'obstacles pour l'envahisseur.

Le projet de défense de Séré de Rivières, sanctionné par la loi du 17 juillet 1874, a été critiqué. On lui a reproché, notamment, de sacrifier à priori tout le territoire situé à l'Est de la ligne défensive et de lier les mains du généralissime. On doit cependant reconnaître que le dispositif adopté contrariait singulièrement, au moment où il fut admis, l'exécution du concept stratégique des Allemands.

En 1874, les effectifs n'atteignaient pas les proportions actuelles. Les armées allemandes n'étaient pas capables d'entreprendre une campagne sur un front initial de 270 kilomètres, correspondant à la longueur de la frontière germano-française. Le tracé en équerre leur permettait donc de faire le choix parmi une série de zones de concentration, en déplaçant vers l'Ouest ou le Sud du sommet de l'angle, le centre de gravité des forces. Et si, par une conception purement théorique, on excluait du raisonnement toute autre influence que celle de brisure des frontières, on en arriverait à limiter le théâtre des opérations dans lequel l'avantage de l'équerre se faisait sentir, à un quadrilatère dont les côtés seraient, d'une part, les lignes Thionville-le Donon et le Donon-Ballon d'Alsace; d'autre part, les perpendiculaires à ces deux droites, menées respectivement par Thionville et le Ballon d'Alsace. Ces deux normales se rencontrent à mi-distance de Chaumont et de Bar-sur-Aube.

Il est facile de comprendre combien le tracé définitif Moselle-Meuse allait réduire le nombre des combinaisons que les Allemands pourraient adopter, par l'interposition de forteresses sur la surface utilisable du théâtre d'opérations que nous venons de définir. Celui-ci se restreignait du coup à l'espace compris entre les

parallèles aux normales précitées, tangentes au camp retranché de Toul et d'Épinal dans la trouée de la Moselle. Le bénéfice de l'équerre était, en fait, sérieusement compromis.

Depuis 1874 bien des choses ont évolué. La France a pansé les blessures de la guerre et les effectifs se sont accrus; d'autre part l'invention des obus à poudres brisantes a bouleversé toute la fortification. Il eût fallu consentir à des dépenses considérables pour transformer les places et les tenir à hauteur du progrès de l'industrie militaire. Aussi, en 1899, le ministre de la guerre déposa-t-il un projet de loi qui divisait les ouvrages fortifiés en trois classes suivant la mission qui leur était assignée dans le projet de défense du pays. La première classe comprenait les forteresses et les forts qui, à raison de leur rôle important, devaient toujours être munis de toutes les ressources en matériel et personnel nécessaires à une résistance de longue durée. Les ouvrages de cette catégorie devaient être maintenus à hauteur de tous les perfectionnements des engins d'attaque et de défense.

La deuxième classe comprenait les places et forts qui n'avaient plus à remplir qu'un rôle éventuel de point d'appui pour des forces actives opérant dans leur voisinage. Les fortifications de cette catégorie ne devaient être entretenues armées et approvisionnées que *dans les limites restreintes à déterminer dans chaque cas particulier*.

La troisième classe comprenait les places et ouvrages fortifiés qui ne devaient être ni entretenus, ni armés, ni approvisionnés, ni pourvus d'une garnison de défense spécialement désignée dès le temps de paix.

Cette catégorie d'ouvrages devait être simplement conservée pour les établissements militaires qu'ils contenaient et, en tant que fortification, « pour valoir au besoin ».

Voici, pour ce qui regarde notre étude, le tableau du classement des places, tel que l'avait adopté la commission de l'armée.

PREMIÈRE CLASSE	DEUXIÈME CLASSE	TROISIÈME CLASSE
Place de Verdun	Place de Maubeuge	Ouvr. détachés à Lille
» de Toul	» de Montmédy	Fort de Flisne
Fort de Frouart	Fort de Troyon	» de Maulde
» de Pont St-Vincent	» des Paroches	» de Curgies
» de Manonvillers	» camp des Romains	» de Hirson
Place d'Épinal	» de Liouville	» des Ayvelles
» de Belfort	» de Gironville	
Fort d'Arches	» de Jony	
» de Remiremont	» de Rupt	
» de Giromagny	» Château Lambert	
	Fort Ballon de Servance	

Le projet de classement fut adopté sans discussion par la Chambre des députés, de même qu'un projet déposé le 9 mai 1899, comme suite au premier, et portant déclassement de l'enceinte de la place de Lille (sauf la citadelle) et des places de Condé sur l'Escaut, du Quesnoy, de Péronne et de Longwy.

Mais, à la suite du vote de la Chambre, de nombreuses protestations se firent entendre. M. de Montfort se fit l'écho de ces réclamations au Sénat, lorsque les projets y vinrent en discussion le 25 mai 1900. La Chambre Haute vota l'ajournement (1).

En attendant une solution, on crut pouvoir faire des économies en escomptant la décision favorable de cette

(1) Voir pour de plus amples détails le BULLETIN DE LA PRESSE ET DE LA BIBLIOGRAPHIE MILITAIRES de 1899 et 1900.

assemblée. La conséquence de ce calcul se traduisit, au moment de l'alerte d'Algésiras, par une dépense, en deux ans, de 260 millions de francs, rien que pour les forts de la région de l'Est. Le travail de réfection fut d'ailleurs d'autant plus délicat à exécuter que les ouvrages devaient rester armés et prêts à fonctionner.

Voici, pour terminer, de l'aveu des Français, la situation actuelle des défenses du côté de l'Allemagne : quatre forteresses à grand développement tenues à hauteur des progrès modernes et deux rideaux de forts d'arrêt qui ne sont plus considérés comme infranchissables.

Il ne doit pas être perdu de vue que les intéressés ont, peut-être, cherché à donner le change sur la valeur des fortifications, soit à exagérer celle-ci en exaltant le moral du pays, soit à la réduire, en trompant l'adversaire et en lui donnant la tentation d'exécuter une fausse manœuvre.

La frontière du nord de la France est relativement peu fortifiée. Maubeuge y constitue la forteresse la plus importante. Le général Séré de Rivières semble avoir escompté l'influence de l'armée et de la neutralité belges pour détourner les Allemands de l'idée de traverser notre territoire avant de se porter chez l'ennemi.

A mesure que la République se guérissait de la « maladie de la pierre », l'Empire allemand semblait ressentir les atteintes de ce mal.

Chez nos voisins de l'Est cependant les principes défensifs étaient tout différents de ceux qu'on devait appliquer en France : le pouvoir politique et militaire se centralisent entre les mains de l'empereur ; de brillantes victoires en 1864, 1866 et 1870-71 avaient exalté la puissance offensive de l'armée. Au surplus, le Rhin offrait une barrière à l'invasion qui ne paraissait d'ailleurs pas à craindre.

La Commission de Défense, instituée au lendemain de la dernière guerre, et présidée par le prince impérial, émit l'avis de ne barrer les lignes d'invasion que là où elles traversent des fleuves et de conserver en outre quelques places à grandes dimensions, propres à faciliter le débouché des forces offensives.

L'armée de campagne devait être assez forte pour porter l'invasion chez l'adversaire et lui interdire par le fait même l'accès du territoire allemand.

Depuis la conclusion du traité de Francfort, l'évolution de la politique européenne s'est répercutée sur les dispositions militaires de l'Empire. Des travaux de défense ont été entrepris en différents points de la frontière de l'Ouest, ce qui a fait dire à des auteurs d'une compétence indiscutable, que le grand État-Major envisageait l'éventualité de devoir adopter une attitude défensive en Lorraine et de porter toute son attention du côté de l'Autriche et de la Russie.

Quoi qu'il en soit, des travaux de fortification sont actuellement terminés au nord de Bâle, à Neuf-Brisach, à Strasbourg, Gemersheim (1), Mayence, Coblence, Cologne, Duisbourg et Wesel sur le Rhin. A l'ouest du fleuve, le groupe Strasbourg-Molsheim interdit à l'adversaire qui aurait traversé les Vosges, de se rabattre vers le Nord, dans le flanc gauche des troupes de couverture allemandes, disposées en Lorraine ; la région fortifiée Metz-Thionville protège la droite de ces mêmes troupes. La concentration peut s'opérer à l'abri de la frontière neutre et de ces places qui favorisent en même temps les manœuvres offensives.

(1) Le Temps a signalé, en août 1910, qu'il était question de transformer Gemersheim en une place forte de premier ordre, en lui donnant un développement de 30 kilomètres. Le journal ajoutait que cette forteresse, améliorée, devait concourir avec Mayence, à retarder une *offensive* française dirigée vers Mannheim.

B) *Les conditions de la lutte.*

a) *L'effort principal des Allemands se porte vers l'Ouest.* — Les écrivains allemands ne cachent pas que, dans le cas d'un conflit germano-franco-anglais, leur armée de terre se jetterait sur la France pour chercher, dans une série de grandes victoires, des otages et une compensation aux échecs que leurs compatriotes risquent de subir sur mer, aussi longtemps que leur marine sera numériquement inférieure à celle des Anglais.

Comment nos voisins d'outre-Moresnet disposeront-ils leurs troupes avant de les mener au combat ? Quelques hautes autorités seules le savent, et elles gardent jalousement leur secret. Toutefois leur plan de guerre est une conception : il n'est exécutable que si on a pris, dès le temps de paix, certaines dispositions qui ne peuvent échapper à l'œil vigilant de l'adversaire probable, et à la perspicacité intéressée des espions. On ne réunit pas en quelques jours un million d'hommes à la frontière, sans avoir facilité de longue main leur mobilisation, leur concentration, leur subsistance et leur ravitaillement. D'un autre côté, les discussions entre écrivains militaires permettent de discerner la doctrine de guerre d'une armée. En un mot, la comparaison de cent indices crée un ensemble de présomptions tel que l'on peut, avec beaucoup de vraisemblance, deviner les projets des belligérants éventuels.

Les Allemands d'aujourd'hui n'ont pas renié de Moltke. Ils sont restés partisans convaincus des concentrations d'armée en équerre. Si leur préparation stratégique doit être dominée par la prudence, ils n'en chercheront pas moins, la concentration des troupes étant terminée, à passer immédiatement par une offensive énergique à l'acte décisif, la bataille.

Ils voudront agir en suivant un plan préconçu, avec une si grande énergie, dit le général von Bernhardi, que l'adversaire, malgré tous les projets qu'il aura formés, sera soumis sans réserve à la loi de leur initiative.

Le système défensif des Français contrarie cependant beaucoup leurs intentions, nous l'avons dit. Si les forts d'arrêt des rideaux Verdun-Toul et Belfort-Épinal, bien que classés dans la catégorie des ouvrages de 2e classe (1), sont susceptibles de tenir l'adversaire à distance pendant plusieurs jours, comment réussir en partant de Metz ou de Strasbourg l'enveloppement des ailes françaises qui doit procurer la victoire ?

Le Général Bonnal, écrivain militaire bien connu, a cru pouvoir dire, après avoir étudié le problème, que le centre de gravité des forces allemandes, au moment de la concentration, serait déplacé de manière que l'extrême droite évite Verdun en contournant cette ville au Nord, et pénètre en France par le Luxembourg. L'idée est séduisante. Considérons, en effet, l'assiette des forteresses. Imaginons que l'armée du Kaiser opérant à l'ouest du Rhin soit groupée en 3 masses : la masse centrale, rassemblée au sud-est de Metz, face à Nancy ; la masse d'aile gauche, concentrée près de Strasbourg ; la masse d'aile droite, réunie aux abords de Trèves.

La masse centrale doit, la première, engager la bataille. Poussant droit devant soi, elle cherchera le gros de l'armée française pour l'attaquer, paralyser ses forces, et l'empêcher de manœuvrer. S'il le faut, elle entamera le siège de Toul ; l'artillerie lourde d'armée, dont les corps sont dotés, lui facilitera les

(1) Dans cette classe, rappelons le, « les ouvrages ne sont armés et approvisionnés que dans des limites restreintes, à déterminer dans chaque cas particulier ». Cette rédaction est, semble-t-il, imprécise à dessein.

opérations de l'investissement. Pendant la durée de ces préliminaires et de ce combat d'usure, en front, les masses d'aile envahiront la France et se dirigeront vers les flancs de l'adversaire, que l'on compte bien avoir déterminés, soit à l'aide des dirigeables et des aéroplanes, soit au moyen de la cavalerie. Le groupe de droite allemand, le plus intéressant parce qu'il n'est arrêté par aucun rideau défensif, atteindra la Meuse, entre Sedan et Vilosne, passera sur la rive gauche du fleuve et fera une conversion vers le Sud. La masse de gauche, partant des environs de Strasbourg, traversera les Vosges et manœuvrera, d'après les circonstances, contre le flanc droit ennemi.

Nous l'avons déclaré, la conception développée par le Général Bonnal est séduisante ; elle permet d'imaginer une belle application concrète des idées allemandes sur la manière de produire la décision de la bataille par enveloppement ; elle dispose, sur le théâtre d'opération, les troupes de l'une des ailes, au moins, de manière qu'il leur soit possible de prendre part à la grande rencontre du début, sans que leur marche soit contrariée par les forteresses ou les forts d'arrêt (1). Un tel avantage est capital aux yeux des Allemands, qui restent persuadés que la victoire se décidera par les troupes combattant aux ailes du champ de bataille.

Il y a bien, dans tout le raisonnement, la neutralité belge que l'on viole, les traités dont on fait fi ; mais la fin ne justifie-t-elle pas amplement les moyens ? Il y a aussi notre armée ; mais il n'est pas difficile de faire en sorte que celle-ci ne puisse contrarier la marche de la droite allemande. Essayons de le démontrer en deux mots. Supposons, en effet, nos quatre divisions se mobilisant sur la Meuse, entre Namur et Liége, et notre

(1) Les places de Longwy et de Montmédy ne constituent pas des obstacles sérieux : on peut les éviter.

cavalerie à la frontière. Que fera le Quartier-Général s'il apprend la formation, aux environs d'Aix-la-Chapelle, d'une armée secondaire ennemie, de force équivalente à la nôtre ? Le Général en chef osera-t-il prendre la direction de Marche, pour aller attaquer en flanc l'adversaire débouchant du Grand-Duché ? Non certainement, car il se verrait immédiatement coupé d'Anvers par le groupe d'Aix-la-Chapelle, et pris entre deux feux. Comme toutefois l'inaction serait coupable, il portera, sans doute, l'armée belge à la rencontre des troupes qui peuvent menacer ses relations avec notre réduit national, et leur livrera bataille. La manœuvre durera au moins quatre jours. Mettons les choses au mieux, et supposons-nous nettement vainqueurs, l'hypothèse n'ayant rien d'absurde. Comment profiter de la victoire ? Poursuivre le vaincu, l'épée dans les reins jusqu'à Cologne ou opérer, comme le faisait Napoléon Ier, par lignes intérieures et se rejeter vers le Sud, dans le Luxembourg ? Nous ne nous chargeons pas de résoudre la question. Mais, en tous cas, une chose paraît certaine si on se décide pour la deuxième méthode : au moment de notre arrivée sur le champ de bataille principal, la décision de la lutte se sera déjà fait connaître et nous interviendrons trop tard pour jeter le poids de nos 100000 hommes dans la balance du succès. Si toutefois nos voisins du Sud avaient été victorieux, nous pourrions participer à la poursuite des vaincus.

Le Général Bonnal a écrit, peu obligeamment pour nous, que l'armée belge se contenterait de sauver les apparences. Nous protestons vivement contre cette assertion qu'il ne lui serait pas possible de justifier ; nos officiers sauront faire leur devoir, notre État-Major est à la hauteur de sa mission et le Roi ne refusera pas d'assumer les plus grandes responsabilités. Ce que l'écrivain militaire aurait pu faire remarquer, c'est la délicatesse de notre situation géographique : quoi que

nous fassions, avec nos effectifs actuels, à moins de sacrifier notre réduit national, contrairement aux principes élémentaires de la défense des petits États, nous n'empêcherons pas les Allemands de traverser le Luxembourg, si leur intérêt stratégique les y invite.

Que le lecteur veuille bien se persuader que si nous croyons fermement à la concentration d'une armée secondaire à Aix-la-Chapelle, en cas de conflit, ce n'est pas à la suite d'une étude de « stratégie en chambre ». Notre opinion repose sur une donnée certaine : on construit, au nord de cette ville, une gare colossale, qui doit comprendre plus de *cent voies de garage*, sur chacune desquelles on pourra recevoir un train. Il ne peut être contesté que cette gare acquière une importance militaire de premier ordre, au moment de la mobilisation. Il ne sera pas difficile d'y amener plusieurs corps d'armée en un jour. Comme d'autre part l'accès de la rive droite de la Meuse est interdit à des troupes ennemies, par nos têtes de pont, sur les routes qui débouchent d'Aix-la-Chapelle, il en résulte, d'une manière qui nous paraît irréfutable, que l'armée réunie en cette ville aura une mission indépendante de celle de l'aile droite des Allemands, et qui sera de contrarier les opérations des divisions belges.

Hâtons-nous de dire que l'on a posé des objections au plan de campagne imaginé par le général Bonnal. D'abord, rien ne prouve que les armées de la République se concentreront immédiatement derrière les fronts défensifs de la Moselle et de la Meuse. Dès lors, si la bataille se livre plus au cœur de la France, dans quelle situation se trouvera l'aile droite ennemie venant par exemple de Trèves, et franchissant la Meuse en aval de Verdun ? Ne risquera-t-elle pas de souffrir de son isolement, et de supporter le choc d'une partie considérable de l'armée adverse ?

On fait encore observer, pour combattre l'idée de

l'écrivain militaire, que le réseau des routes ne se prête pas à une conversion vers le Sud, aussitôt après que le fleuve aura été traversé entre Dun et Sedan. L'aile droite allemande, qui devra, pour éviter un échec, manœuvrer pour ainsi dire mathématiquement, sera, dit-on, jetée dans une situation stratégique déplorable.

Une guerre, ou une formidable indiscrétion, pourrait seule clôturer le débat par un argument décisif. N'escomptons ni l'une ni l'autre. En tout état de cause, il est possible de rechercher si les fortifications de Flessingue favoriseraient ou non la manœuvre des Allemands à travers la Belgique.

Si, de Givet comme origine, nous menons, par la pensée, une parallèle à la ligne Sambre-Meuse, nous obtenons, à peu près, la limite du territoire que pourrait violer l'envahisseur sans craindre la réaction des Belges, après avoir pris la précaution de former une armée secondaire aux environs d'Aix-la-Chapelle. Mais la situation respective des belligérants ne se modifierait-elle pas si l'armée anglaise débarquait à Anvers, utilisait ensuite nos chemins de fer pour se transporter à Namur, tendait la main aux Français venant de Lille et se jetait sur le flanc de l'aile marchante des corps prussiens, dans les Ardennes ? Pendant ce temps, l'armée belge tiendrait en respect, en s'appuyant sur Liége, les corps du détachement secondaire allemand. Anvers ne resterait pas nécessairement la base d'opérations des Anglais : leurs communications avec la mère-patrie pourraient, si la nécessité s'en faisait sentir, être déviées par Maubeuge sur un port de la Manche. On jouerait ainsi, à l'État-Major du Kaiser, le vilain tour de lui opposer le système en équerre dont il croyait tirer tant de profits ! C'est l'envahisseur qui devrait parer une attaque concentrique des alliés, au lieu de l'imposer à l'adversaire !

Mais — il y a un gros mais — l'armée anglaise, que

nous supposerons même capable de se mobiliser en très peu de temps, grâce à de sérieux perfectionnements, cette armée arrivera-t-elle à temps à Namur ? Il est dangereux, si pas interdit, d'embarquer de gros effectifs et de les confier à la haute mer aussi longtemps que la flotte de l'ennemi n'a pas été, virtuellement, réduite à l'impuissance. Celle-ci le sera-t-elle jamais dans les quinze jours qui suivront la rupture des relations diplomatiques ? Rien ne le prouve, et l'expérience de la campagne de 1904-1905 semble même démontrer le contraire : malgré la mort malheureuse de Makarow, malgré l'incapacité de Wilthöft, son successeur, malgré la couardise de certains commandants de vaisseau russes, qui étaient assez peu soucieux de leur honneur pour se déclarer malades la veille d'une sortie, l'amiral Togo ne put répondre, avant six mois de campagne, de la sécurité des transports japonais, à cause de l'escadre de Port-Arthur.

Toutefois ces transports se firent quand même, et comme, à la guerre, le hasard se plaît à contrarier les plus grandes probabilités, il est vraisemblable que les Allemands ont songé à prévoir le cas où l'armée anglaise parviendrait à s'introduire en Belgique avant l'ouverture ou tout au début des hostilités. La concentration de corps d'armée aux abords d'Aix-la-Chapelle et dans la région de Trèves n'est-elle pas une menace suffisamment explicite pour le territoire belge ? Ne constitue-t-elle pas un acte nettement hostile envers nous et ne justifie-t-elle pas une intervention préventive des Puissances garantes de notre neutralité (1) ?

Nous touchons peut-être ici la partie délicate du projet de fortifications à Flessingue, celle qui a fait

(1) A noter que le développement des quais à Aix-la-Chapelle permet de supposer que les Allemands essayeront, jusqu'au dernier moment, de donner le change sur leurs intentions et qu'ils ne jetteront des troupes en cette ville que par surprise, quelques heures avant de les faire pénétrer en Belgique.

soupçonner l'Allemagne d'avoir entraîné les Hollandais dans les difficultés qu'on leur suscite. *Les nouveaux ouvrages défensifs délivreraient les armées prussiennes de tout souci à l'aile décisive et permettraient l'exécution mathématique de l'attaque enveloppante par le nord de Verdun.*

On a écrit que les fortifications de Flessingue avaient pour but d'empêcher un débarquement dans l'île de Walcheren, du corps expéditionnaire anglais renforcé par une armée française. Ces troupes chercheraient ensuite à faire diversion en Allemagne en allant, par exemple, saccager la région industrielle de la Ruhr. Cette hypothèse est, dans l'état de choses que nous envisageons, tout à fait invraisemblable : les Français n'ont pas les ressources nécessaires pour pouvoir se priver du concours de toute une armée sur le champ de bataille de la Moselle ; d'un autre côté, 135 000 anglais foulant un sol étranger auraient d'abord à contenir l'armée de campagne hollandaise. Celle-ci pourrait toujours, si on commettait la faute de la négliger, se porter sur les derrières des envahisseurs et les séparer de leur base d'opérations. La tentative que l'on s'est plu à prêter aux intentions des Anglais serait une grosse faute militaire.

Dans un ordre d'idées analogue, on a encore écrit qu'une armée d'alliés débarquerait à Flessingue, longerait les frontières Nord et Est de la Belgique, et se rabattrait sur les derrières des Allemands occupés à combattre entre Belfort et Verdun. Cette hypothèse n'est pas davantage acceptable. Pourquoi les franco-anglais se feraient-ils 100 000 ennemis hollandais de plus et se laisseraient-ils aller à un mouvement si excentrique, alors que le résultat désiré pourrait être obtenu par le débarquement de l'*expeditionary corps* à Dunkerque et Calais ?

Nous devrions, pour terminer ce chapitre, nous appesantir sur l'hypothèse où les Allemands, devenus nos ennemis pour avoir violé notre territoire, et vainqueurs des Alliés, chercheraient à faire la conquête de notre pays. Nous éviterons la lecture de nombreuses redites en faisant remarquer combien le cas se rapproche de celui que nous avons étudié plus haut : l'invasion de la Belgique en vue de sa conquête. Contentons-nous de rappeler nos conclusions précédentes : une armée de secours étrangère devrait manœuvrer hors d'Anvers, et les fortifications de Flessingue ne nous feraient, pour ainsi dire, aucun tort.

b) *L'effet principal des Allemands n'est pas fourni sur la rive gauche du Rhin.* — Nous avons dit que, depuis plusieurs années, les Allemands paraissaient atteints de la maladie de la pierre. Cela ne veut pas dire qu'ils aient cessé, pour la cause, de perfectionner l'armée de campagne, ni qu'ils aient renoncé à être des fanatiques de l'offensive; on s'efforce d'expliquer l'anomalie qui semble résulter de l'abus des fortifications de la frontière Ouest de leur territoire par l'éventualité où, au début d'une guerre, le Grand État-Major de Berlin devrait porter toute son attention d'un autre côté du pays. On prétend, par exemple, que le danger de complications intérieures, chez une Puissance amie, au moment, de plus en plus proche, de la disparition d'un souverain très âgé, lui fait craindre la nécessité d'une intervention armée pour maintenir l'équilibre européen.

Il est donc intéressant d'étudier l'influence des travaux projetés de Flessingue, sur les opérations qui pourraient alors se dérouler sur la rive gauche du Rhin. Obligés de se défendre sur ce théâtre de guerre, les Allemands lutteront dans des conditions favorables s'ils peuvent appuyer leur droite à Metz et leur gauche

à Strasbourg et au Rhin. Toutefois la frontière belge ne leur assurera pas, à l'un des flancs, une protection équivalente à celle que leur offre ce fleuve à l'autre flanc. Le territoire belge n'est qu'un obstacle conventionnel. Les Français qui, dans ce cas, auraient la supériorité du nombre, chercheraient, vraisemblablement, à traverser le bas Luxembourg, et à contourner Thionville par le Nord pour forcer l'ennemi à reculer sous l'effet d'une simple menace de flanc. Une armée secondaire, rassemblée à Maubeuge, neutraliserait nos divisions de campagne et produirait sur la décision du général en chef des Belges un effet analogue à celui que nous avons signalé à propos des travaux d'Aix-la-Chapelle.

D'autre part, les troupes anglaises auraient plus de chances d'intervenir à temps sur le théâtre de la lutte. Mais, dans cette hypothèse, Albion serait notre ennemie et nous ne lui permettrions certainement pas d'entrer à Anvers; nos forts auraient vite fait d'arrêter les navires trop entreprenants qui tenteraient la traversée de nos lignes; aussi, dans ces conditions, l'idée d'une diversion tentée en Allemagne par une armée anglo-française, après un débarquement à Flessingue et aux environs, n'est-elle plus à écarter comme improbable à priori. On saisit alors tout de suite l'importance extraordinaire des fortifications de l'Escaut occidental pour la Hollande si cette hypothèse se réalisait : les alliés ne pourraient plus espérer pouvoir faire leur descente avant la destruction des ouvrages du Hont, soit donc normalement, avant plusieurs semaines. Ne serait-ce pas assez longtemps pour permettre aux Allemands d'en finir en Autriche ou en Russie et d'accourir en force vers le Rhin pour y rétablir leur situation compromise et obliger les Français à tenir leur monde réuni? Ne serait-ce, par conséquent, pas suffisant pour détourner les alliés du territoire neutre des Pays-Bas?

B. — *Au point de vue maritime*

Examinons, pour terminer l'étude des fortifications de Flessingue au point de vue international, l'influence qu'on a cru pouvoir leur attribuer sur les opérations maritimes. Les avis sont loin de concorder. C'est ainsi, par exemple, que des écrivains militaires ont exprimé l'idée commune suivante : dans le cas d'une collision navale, la possession de Flessingue par l'un ou l'autre des antagonistes constituerait, pour le bénéficiaire, un avantage de premier ordre. Mais ces mêmes écrivains se sont nettement contredits quand il leur a fallu désigner celui des belligérants pour lequel la possession de l'Escaut occidental serait la plus avantageuse. Voici d'ailleurs comment ils raisonnent. Pour la flotte anglo-française, soutiennent les uns, l'embouchure du fleuve serait une excellente position qui, avec les bases fortifiées de la Grande-Bretagne, lui permettrait d'enserrer la flotte allemande sur les deux flancs. Soit, ripostent les autres, mais ne saisissez-vous pas l'intérêt considérable qu'aurait l'Allemagne à trouver, sur la route de ses escadres, un port outillé et fortifié, dont elle puisse faire une base nouvelle? De Flessingue, la flotte de l'empire ne menace-t-elle pas les Iles britanniques de façon beaucoup plus redoutable que de Wilhemshafen ou même d'Emden ? Or, les Germains possèdent, ou croient posséder, sur terre, une supériorité si écrasante, qu'ils considèrent comme un jeu de s'emparer de Flessingue, que rien ne protège d'ailleurs du côté terrestre.

Malgré la meilleure volonté du monde, aucun de ces deux raisonnements ne nous satisfait, dans l'état actuel des armements européens. Nous ne nous figurons d'abord pas du tout la flotte allemande, beaucoup moins nombreuse que celle des alliés, s'aventurant

dans la mer du Nord, à la recherche des escadres ennemies, et prêtant bénévolement ses deux flancs à des attaques d'un adversaire dont elle connaît les points d'attache. Nous croyons au contraire qu'elle restera sur la défensive stratégique et s'efforcera par des manœuvres habiles de contraindre l'ennemi à diviser ses forces, puis de profiter de la faute commise pour fondre à l'improviste sur une partie isolée de celles-ci (1).

Admettre, d'autre part, que les fortifications de Flessingue doivent servir de point d'appui à la flotte allemande nous paraît impossible à moins de supposer dès maintenant une alliance secrète entre l'Empire et le royaume des Pays-Bas. La prise de possession de l'Escaut occidental ne serait possible aux Allemands, dans l'état actuel de leurs forces navales, que par surprise, au début des hostilités. Or il est certain que si les forts projetés seront armés surtout de batteries de gros calibre pointées vers l'océan, ils n'en seront pas moins capables de résister à une attaque de vive force venant du côté du continent : on ne construit pas des ouvrages importants ouverts à la gorge. Dans ces conditions, les conséquences évidentes des fortifications de Flessingue seraient, contre toute attente, de vouer le coup de main des Allemands à un échec retentissant, et partant, *c'est de Berlin que les protestations eussent dû venir* si on y avait eu l'intention de se créer une base d'opérations dans le Hont.

Dans le cas absolument improbable où les Hollandais seraient, dès maintenant, de connivence avec leurs voisins de l'Est, les travaux de Flessingue ne se justi-

(1) Nous rappelons que, dans l'exposé des motifs de la loi (toute récente) sur les constructions navales, présentée au Reichstag, il était dit notamment ceci : « Il n'est pas absolument nécessaire que la flotte de guerre allemande soit aussi forte que celle de toute autre puissance navale. Elle peut au contraire être plus faible ». Ces termes ne dénotent évidemment pas une intention agressive.

fieraient pas comme base navale des escadres impériales : le port de guerre du Helder serait infiniment mieux outillé pour favoriser la lutte.

Cela veut-il dire que, au point de vue des opérations maritimes, les Pays-Bas n'ont aucune raison de fortifier les bouches de l'Escaut ? Non pas évidemment. Les Anglais chercheront peut-être, avons-nous vu, à débarquer sur le continent l'*Expeditionary corps*. Mais ils devront, tant que la flotte ennemie ne sera pas réduite à l'impuissance, prendre de nombreuses précautions, pour assurer la sécurité de leurs transports de troupes et du service de ravitaillement. Ne seront-ils pas tentés, si la Belgique est entraînée dans les hostilités à la suite de la violation de son territoire par l'armée allemande, d'établir, pour faciliter la protection des convois, une double base défensive orientée vers la mer du Nord, et s'appuyant sur les ports fortifiés de la côte anglaise d'une part et sur Anvers et Flessingue d'autre part ? Cela nous paraît en tout cas logique. Or, le libre passage de navires de guerre sur l'Escaut pourrait à lui seul, comme nous avons eu l'occasion de le dire, être interprété par les Allemands comme un acte de partialité des Hollandais ; la neutralité de ceux-ci serait donc menacée et il n'est pas impossible que, pour couper court à toute controverse et pour diminuer la probabilité d'avoir la guerre sur son territoire, le Gouvernement des Pays-Bas ait proposé la construction des ouvrages de Flessingue.

III

CONCLUSION

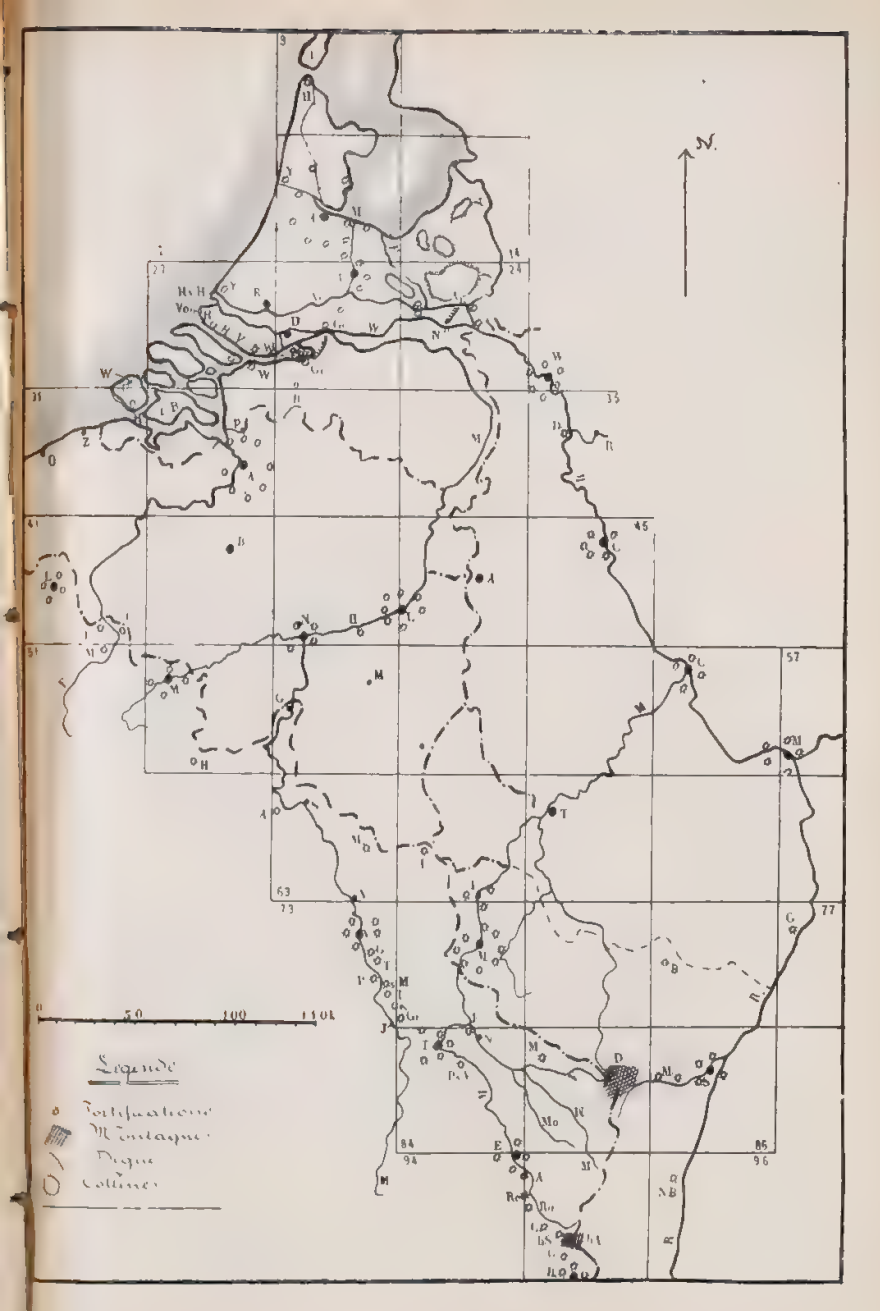
Notre conclusion sera brève. Les fortifications de l'Escaut occidental peuvent être parfaitement justifiées par les Hollandais, se plaçant au point de vue de

la défense des Pays-Bas, sans qu'il soit aucunement nécessaire d'insinuer que nos voisins ont reçu des injonctions d'une grande Puissance. Ces fortifications ne réduisent pas sensiblement la capacité défensive d'Anvers et elles ne modifieront en rien nos plans de guerre. Elles créeront cependant une situation nouvelle pour la Belgique, par une sorte de prise de possession de l'embouchure de l'Escaut.

Il semble, dans ces conditions, que puisque, d'une part, les Hollandais peuvent justifier leur projet par des arguments qu'ils peuvent proclamer bien haut, et que, d'autre part, ils n'ont pas de raison de chercher à nous nuire, ils auraient dû, forts de leurs intentions, prendre l'initiative d'apaiser nos craintes légitimes par un échange amical de notes diplomatiques. Peut-être nos « amis » de France et d'Angleterre ont-ils rendu cette initiative difficile, en tolérant les insinuations intéressées de certains journaux à manchettes, qui n'ont pas manqué de froisser l'amour propre si chatouilleux de nos voisins du Nord.

Souhaitons qu'une explication spontanée contribue à resserrer les liens qui unissent nos deux petits pays. Laissons à d'autres l'embarras de se chercher querelle et de se tendre des embûches.

JEAN NÉLUSEY.



LISTE ALPHABÉTIQUE
des localités portées sur le croquis

DÉSIGNATION DE LA LOCALITÉ	NUMÉRO DU CARRÉ	DÉSIGNATION DE LA LOCALITÉ	NUMÉRO DU CARRÉ	DÉSIGNATION DE LA LOCALITÉ	NUMÉRO DU CARRÉ
Aix-la-Chapelle	44	Hellevoetsluis (He)	22	Putten	32
Amsterdam	13	Hirson	52	Remiremont	94
Anvers	32	Hoek van Holland (H v H)	22	Rhin	96-22
Arches	95	Hont	31-32	Rotterdam	22
Arnhem	24	Huy	43	Ruhr	35
Ayvelles	63	Jouy	74	Rupt	95
Belfort	95	Lek	23	Sedan	63
Breda	23	Liege	44	Servance (ballon de-)	95
Bruxelles	42	Lille	41	Strasbourg	86
Château Lambert	95	Liouville	73	Texel	3
Coblence	56	Longwy	64	Thionville	64
Cologne	45	Manonviller	85	Toul	84
Curgies	41	Marche	53	Treves	65
Doiron (de-)	85	Maubeuge	52	Trovon	73
Dordrecht	23	Maulde	51	Utrecht	23
Duisbourg	35	Mayence	57	Verdun	73
Eem	13	Metz	74	Vesouze	85
Épinal	94	Meurthe	85-84	Vilosne	63
Escaut	51-41-32	Meuse	93-22	Vincent (Pont St-) (Ps. V)	84
Flessingue	31	St-Mihiel (s-M)	73	Volkerak (V K)	22
Flisne	41	Molsheim	86	Voorne (Voo)	22
Frouard	84	Montmedy	63	Waal	23-24
Geertruiden (Ge)	23	Mortagne (Mo)	85	Walcheren	31
Gemcourt	73	Moselle	95-56	Wesel	25
Germersheim	77	Muyden	13	Willemstad	22
Giromagny	95	Namur	43	Ymuiden	13
Gironville	73	Nancy	84	Yssel	14-24
Givet	53	Neuf-Brisach (N-B)	96	Zuid-Beveland (Z-B)	32
Gorinchem (Go)	23	Nimègue	24	Zeebrugge	31
Haring-Vliet (H-V)	22	Ostende	31		
Helder	3	Paroches	73		

NUMÉROTAGE DES CARRÉS. Le carré de l'est, *par convention*, dans le coin supérieur gauche du croquis. Dans chaque rangée horizontale, les carrés se suivent en augmentant d'une unité, de gauche à droite ; dans chaque colonne verticale, ils se suivent en augmentant d'une dizaine d'unités, de haut en bas.

DÉSIGNATION DES LOCALITÉS. Les localités sont désignées, sur le croquis, par leur initiale. Par deux initiales s'il peut y avoir confusion dans un *même* carré.

LA CONNAISSANCE SENSIBLE

DES

QUALITÉS SECONDAIRES (1)

Quelques publications récentes ont remis à l'ordre du jour, dans les milieux où l'on s'intéresse à la philosophie néo-scolastique, le très vieux problème de l'objectivité des qualités secondaires.

En langage technique, ce nom désigne, on le sait, toutes les propriétés que nous attribuons aux corps et qui ne sont ni l'étendue résistante, ni le mouvement local (qualités primaires). Il s'agit donc de savoir comment nous atteignons par nos sens la lumière, les couleurs, les sons, les saveurs, les odeurs, etc., et ce que nous pouvons connaître ainsi avec certitude du monde extérieur (2).

(1) Les indications bibliographiques ont été renvoyées à la fin de cet article. Les chiffres en caractères gras indiquent le numéro d'ordre de chaque travail cité.

(2) La distinction entre qualités primaires et secondaires était admise longtemps avant que Locke la fît sienne et la rendît célèbre. Ainsi que Baümker le rappelle (**5**, p. 294), ce philosophe entendait le mot *qualité* dans son sens strictement objectif et comme synonyme de propriété des corps. Il appelait *idées* les modifications subjectives produites en nous par ces qualités.

En se plaçant à un autre point de vue, on distingue des propriétés qui ne sont atteintes que par un seul sens (sensibles propres), celles qui le sont par plusieurs (sensibles communs). Pratiquement, les deux classifications coïncident à peu près. La résistance cependant, si elle est distinguée de l'étendue, est à la fois sensible propre et qualité primaire, du moins si l'on adopte les vues de Locke et de Maine de Biran.

Deux systèmes principaux se divisent aujourd'hui les philosophes néo-scolastiques : le *réalisme absolu* et le *réalisme mitigé*.

D'après le premier, toutes les qualités des corps, tant primaires que secondaires, sont à titres égaux connues telles qu'elles sont et existent formellement telles que nous les connaissons, en dehors de nos facultés sensibles.

Le réalisme mitigé réserve ces privilèges aux qualités primaires. D'après cette seconde théorie, les propriétés spéciales qui causent nos sensations visuelles, auditives, olfactives, etc., ne sont pas semblables aux modalités subjectives sous lesquelles elles nous apparaissent ; elles sont pour ainsi dire traduites, activement interprétées par nos facultés connaissantes. De là le nom d'*interprétationnisme* donné quelquefois à cette doctrine (1). En langage d'École on l'exprime souvent de la manière suivante : les qualités secondaires sont formellement subjectives, elles ne sont dans les objets extérieurs que causalement (2).

Sans exalter outre mesure l'importance de cette controverse, on doit, semble-t-il, lui reconnaître une certaine gravité.

A en croire les défenseurs du réalisme absolu, les partisans de l'opinion adverse n'éviteraient le subjectivisme total que par un flagrant illogisme, et ouvriraient la voie aux pires erreurs : idéalisme, kantisme, relativisme, agnosticisme, etc. (3).

(1) Je fais remarquer tout de suite que l'*interprétationnisme* est compris de manières assez diverses par les philosophes qui se rallient au système du réalisme mitigé.

(2) Cette formule devenue classique n'est pas très heureuse, comme nous le verrons ; elle est de nature à occasionner de fâcheuses confusions. Il vaudrait mieux s'exprimer ainsi : les modalités qualitatives sous lesquelles sont connues les propriétés secondaires des corps sont subjectives.

(3) Parlant de l'opinion des réalistes modérés, le P. Liberatore écrivait il y a

A ces attaques, les interprétationnistes ripostent : Pardon ! disent-ils, notre point de départ est tout positif. Nous étudions loyalement les faits ; notre ambition est de ne leur faire aucune violence. Vous, réalistes absolus, si vous ne les ignorez pas, vous les torturez pour les faire cadrer avec vos idées préconçues. Étudiez avec plus de liberté d'esprit la Physiologie, vous verrez que votre position est simplement intenable. Que s'il est question de prudence, nous prétendons bien n'en point manquer : nous nous abstenons de solidariser les thèses fondamentales de notre philosophie avec des théories après tout systématiques.

Lorsque de telles accusations sont ouvertement formulées ou discrètement insinuées, on conçoit que l'on ait de part et d'autre un juste souci et, dans une certaine mesure, le devoir d'établir de son mieux la légitimité de son attitude.

En exposant ici les arguments qu'ont fait valoir les deux partis et en marquant mes préférences pour l'un d'entre eux, je n'ai pas le naïf espoir de gagner à ma manière de penser ceux qui croient, pour de très sérieuses raisons, devoir adopter une opinion différente. Si l'on n'arrive pas, aussi vite qu'on le désirerait, à se mettre d'accord avec ses contradicteurs, peut-être

déjà longtemps : « est autem perniciosa, quia aliquid simile formis kantianis tribuit, ac proinde transcendentali idealismo aperit viam » (**35**, p. 49).

Plus récemment, dans un article fort sévère, le P. Lercher soutenait que le réalisme modéré sape par la base les principales thèses de la philosophie scolastique : « Der vielgestältige Subjectivismus also ist es, auf den die Apologetik in der gegenwärtigen Zeit ein wachsames Auge haben muss... Man soll jeden Schein von Berechtigung zerstören, den der Subjectivismus vorschützen könnte. Manchen berufenen Vertreter der katholischen Wissenschaft kann der Vorwurf nicht erspart bleiben, in dieser Hinsicht fahrlässig gewesen zu sein, indem sie sich einer teilweisen Subjectivierung der sinnlichen Erfahrung entweder nicht widersezten, oder ihr sogar beistimmten...

» Der gemässigte Realismus untergräbt die Fundamente der Aristotelisch-Scholastischen Philosophie (**34**, p. 474). »

n'est-il pas sans utilité de chercher du moins à mieux savoir pourquoi l'on ne s'entend pas encore.

Dans la discussion de cette question, j'ai tout sacrifié au souci de la précision et de la clarté ; aussi bien dois-je prier les lecteurs de la Revue de vouloir bien excuser la sécheresse didactique à laquelle je me suis ainsi volontairement astreint.

Le subjectivisme total étant, d'après les réalistes absolus, l'aboutissant logique du réalisme mitigé, je rappellerai d'abord brièvement ce qu'il est.

I. Le subjectivisme total

La thèse subjectiviste est à la base de presque tous les systèmes de philosophie contemporaine. On en connaît la teneur en ses points essentiels : seules les données subjectives de la conscience réflexe jouiraient du privilège d'être immédiatement connues, tout ce qui est extérieur au sujet connaissant ne pouvant être atteint que médiatement et grâce à l'intervention d'un raisonnement.

Suivant que les subjectivistes admettent ou contestent la légitimité de l'inférence qui établit la réalité du monde extérieur, ils se divisent en *subjectivistes réalistes* et en *subjectivistes idéalistes*.

Ces derniers sont en général phénoménistes, c'est-à-dire que pour eux la connaissance certaine ne peut pas dépasser le phénomène ou fait de conscience. Les choses ou réalités distinctes du phénomène restent nécessairement dans le domaine de l'inconnu. Nous ne pouvons nullement savoir ce qu'elles sont en elles-mêmes. Le moi est, lui aussi, exclusivement phénoménal.

Les subjectivistes réalistes se gardent de ces excès de critique dissolvante. Pour eux, le sujet se connaît

immédiatement comme réalité substantielle étendue et peut arriver à se démontrer l'existence du monde extérieur. Les deux écoles doivent donc être soigneusement distinguées l'une de l'autre.

A. *Subjectivisme total phénoméniste.*

On n'est pas embarrassé pour trouver d'excellents exposés de cette théorie. Presque tous les traités de psychologie contemporains pourraient nous en fournir. Celui que donne Paulsen dans sa célèbre *Introduction à la Philosophie* est merveilleusement limpide (**44**, p. 370). Non moins clair est celui que propose Höffding. Comme cet auteur prétend démontrer, lui aussi, que si l'on accepte la subjectivité des qualités secondaires il faut logiquement en venir au subjectivisme total agnostique, sa déduction mérite d'être suivie avec attention :

« Nos sensations, écrit-il, n'ont aucune ressemblance avec les actions matérielles auxquelles elles correspondent et dont nous inférons l'existence en nous appuyant sur elles... Elles constituent donc un langage propre à notre conscience, ce ne sont pas des copies d'événements matériels, mais des signes ou des symboles à l'aide desquels nous cherchons à nous orienter dans l'univers (**27**, pp. 135-136). » Et ailleurs : « A cause de nos sensations, nous attribuons aux objets certaines propriétés (lumière et obscurité, couleurs, son, chaleur, froid, odeur, saveur, etc.). Mais ces propriétés n'appartiennent pas aux objets eux-mêmes ; elles sont comme un langage par lequel nous les exprimons d'après la manière dont ils agissent sur notre organisme... S'il n'y avait ni œil ni cerveau, la lumière que nous sentons n'existerait pas. *Donc à proprement parler, nous ne sentons pas les choses, mais nos sensations correspondent à l'état où tombe notre cer-*

veau, quand les effets des objets se propagent jusqu'à lui. »

Mais alors que devient la vérité de notre connaissance ? « La réponse populaire à cette question, est celle-ci : Notre connaissance est vraie quand elle s'accorde avec la réalité. Mais comment nous assurer de cet accord, le réel ne nous étant connu que par nos sensations et nos représentations ? » Nos sensations sont des signes et nous ne percevons que ces signes : comment saurons-nous jamais si la réalité leur correspond et ce qu'est la réalité ? Une fois les qualités sensibles considérées comme subjectives, il reste encore, dira-t-on, les rapports d'espace ! — « Mais les rapports d'espace ne nous sont connus que par l'intuition d'espace et celle-ci est une opération psychologique. Que nous adoptions la théorie nativiste ou empiriste, l'intuition d'espace n'en fait pas moins partie des formes subjectives sous lesquelles et par lesquelles les objets nous sont donnés et sans lesquelles nous ne saurions rien d'eux. — Il en va des *objets mêmes* tout comme des propriétés ; car nous nous formons la représentation d'un objet par l'association des représentations de ses propriétés. Ce que nous appelons l'essence d'une chose n'est rien autre que sa propriété dominante ou le groupe de ses propriétés. Pour pouvoir nous servir du critérium populaire de la vérité, il faudrait que nous pussions pénétrer derrière (plus loin que ?) notre propre conscience et comparer l'objet à l'image ou à l'idée que nous en avons dans notre conscience ; mais c'est chose impossible, parce que c'est chose contradictoire... La conscience pratique est objectiviste. Au contraire, plus nous découvrons que notre image du monde objectif porte, dans tous ses traits et toutes ses formes, la marque de notre nature à nous, sujet connaissant, plus aussi nous nous rapprochons du subjectivisme qui, à son extrême limite, rejette l'idée d'un objet conçu

comme terme indépendant du rapport, et ne considère plus l'image du monde que comme un produit du sujet. La chose en soi est donc comme un X, supposé par toute notre connaissance, mais qu'on ne saurait y faire entrer. Nous ne pouvons maintenir la définition populaire de la vérité, comme un accord entre notre connaissance et la réalité que si par « réalité » nous entendons, non la chose en soi, mais les phénomènes tels que notre perception nous les montre (**27**, p. 292). »

On voit combien sont radicales les conclusions auxquelles les subjectivistes phénoménistes aboutissent (1). Avec ce point de départ que, par définition, la connaissance peut atteindre seulement le *phénomène* subjectif, il n'est pas étonnant que la série de leurs déductions ruine toute certitude relative à la chose en soi ! Mais dégagé de ces préjugés phénoménistes, le subjectivisme, même total, peut ne pas conduire à un pareil scepticisme ; c'est ce que soutiennent les subjectivistes réalistes.

B. *Subjectivisme total réaliste* (2).

D'après cette théorie, très différente de la précédente, le sujet a la connaissance immédiate de lui-même ; il atteint non seulement ses propres modifications mais réellement l'être foncier et permanent qui est le sujet de ces modifications.

Le sujet connaît donc son propre corps et, en lui attribuant l'étendue, il sait ce qu'est cette étendue.

(1) L'*idéalisme objectif* que défendait M. l'abbé Coste, dans ses articles de 1902 et 1903 (**8**, **9**), relègue dans le monde idéal (opposé au monde réel) non seulement les formes subjectives de couleur, son, etc., mais aussi celle d'étendue. D'après cet auteur, nous ne pouvons savoir sur le monde extérieur qu'une chose, c'est qu'il existe une cause de nos sensations. Cette cause est-elle étendue ? Nous l'ignorons. On conçoit que cette théorie ait été vivement combattue. Cf. Goujon (**22**).

(2) Parmi les partisans de cette forme de subjectivisme, on peut citer Balmès, **2**. — Sur la doctrine de l'inférence en général, cf. Malapert **38**, p. 343, Sortais **51**, p. 89, etc.

Il s'agit ensuite d'établir par un raisonnement légitime l'existence du monde extérieur ; la théorie suppose, en effet, que seul parmi les corps étendus, celui du sujet est immédiatement connu.

Le principe de causalité sert à faire le passage du domaine subjectif au monde extérieur. L'idée même d'extériorité est facilement acquise par la réflexion sur certaines sensations. Quand deux parties de notre corps se touchent, les deux mains par exemple, la donnée sensible permet à l'intelligence de distinguer la cause active de la pression et la partie du corps qui est pressée ; l'une est sentie extérieure à l'autre. Si après cela on réfléchit sur la sensation éprouvée au contact d'un autre objet, on se rendra compte qu'elle est comparable à celle que produisait la partie du corps dont on connaissait immédiatement l'étendue. On conclut légitimement que ce nouvel objet touché possède lui-même l'étendue (1).

Je ferai voir dans la suite de ce travail que cette démonstration laborieuse est peu conforme à ce que nous savons sur la nature de nos sensations. Les subjectivistes partent d'une donnée inexacte quand ils posent en principe que nous ne pouvons connaître immédiatement que nous-mêmes et nos états subjectifs.

Mais il importe de le remarquer : pourvu que l'on concède l'intuition immédiate, permettant d'affirmer

(1) Le fond de cette argumentation est brièvement exprimé par le P. Palmieri dans le passage suivant : « Sane manifestum est perceptiones quae nobis exhibent aliquid tanquam distinctum a nobis et resistens, ex. gr. perceptiones tactus, si *objective* spectentur, esse easdem ac perceptiones quibus percipimus ut objectum corpus nostrum ; atqui harum perceptionum objectum est reale, ergo reale quoque dicendum est objectum illarum perceptionum. Si vero *subjective* spectentur liquet diversas esse ; nam perceptiones, quibus percipimus corpus nostrum, sensus quidam intimus comitatur, qui testatur corpus, quod tangimus, esse nostrum ; alias vero perceptiones talis sensus intimus non comitatur : comitari vero deberet si quod per illas percipimus esset idem ac corpus nostrum ; ergo id quod per illas percipimus, est quidem reale, sed distinctum a nobis (**43**, p. 171). »

avec certitude l'existence du sujet réellement étendu, on peut logiquement échapper à l'argumentation des idéalistes. Et donc, quand bien même on arriverait à prouver — ce qui n'est pas — que le réalisme mitigé conduit au subjectivisme total, on serait encore loin d'avoir prouvé qu'il mène par là même au subjectivisme idéaliste.

II. LE RÉALISME ABSOLU (1)

A. *Caractères essentiels et formes diverses.*

Diamétralement opposé au subjectivisme total, le réalisme absolu, désigné souvent par ses adversaires, avec plus ou moins de justice, sous le nom de réalisme vulgaire *(naiver Realismus)*, pourrait être appelé l'*objectivisme pur*.

La doctrine est fort ancienne. Elle constituait notamment une thèse classique de la philosophie scolastique.

Elle a été mêlée à des théories physiques aujourd'hui abandonnées, mais il ne faudrait pas l'en croire nécessairement solidaire. Les tenants modernes du réalisme absolu n'ignorent ni les faits établis, ni les hypothèses à la mode. Ils ne contestent pas les premiers et acceptent même complaisamment les secondes ; ils prétendent seulement que leur thèse peut fort bien s'accorder avec ces données scientifiques. Ils nous présentent ainsi une doctrine ancienne rajeunie et adaptée à l'état actuel de nos connaissances.

D'assez notables divergences existent de ce chef entre les partisans du réalisme absolu, tous ne le com-

(1) Parmi les néo-scolastiques partisans du réalisme absolu je signalerai seulement Liberatore, Pesch, Urraburu, Farges, Lahousse, de San, Schiffini, de Backer, Lercher, Lehmen, Willems, Reinstadler, Dehove, Geny. Le réalisme absolu est aussi appelé *perceptionnisme*, ou théorie de l'*assimilation*.

prenant pas exactement de la même manière. Ils sont cependant unanimes à admettre les principes suivants :

Il n'y a aucune différence entre la manière dont nous percevons soit les qualités primaires, soit les qualités secondaires des corps. Toutes sont également réelles et formellement existantes en dehors de la faculté connaissante. Le jaune, le rouge, par exemple, *en entendant par ces mots ce que le vulgaire entend*, existent en dehors de notre faculté visuelle tels que celle-ci les perçoit, absolument comme l'étendue ou le mouvement. Ils ne sont en aucune manière le produit d'une réaction de la faculté connaissante. La perception externe est donc parfaitement immédiate et l'objet qu'elle perçoit est connu tel qu'il est, en lui-même, sans aucune transformation.

Telle serait, réduite à ses traits essentiels, la thèse du réalisme absolu.

Voyons maintenant les diverses manières dont elle est comprise par ses partisans. Ne pouvant ici les rappeler toutes avec leurs nuances parfois assez délicates à saisir, j'en signalerai deux seulement qui me semblent plus caractéristiques et que je désignerai pour plus de commodité des noms de *réalisme absolu classique* et de *réalisme absolu critique*. Un exemple nous servira à les distinguer.

Supposons qu'il s'agisse de la sensation visuelle éprouvée lorsque nous regardons la flamme d'un bec Bunsen dans laquelle on a introduit quelques cristaux d'un sel de sodium. On voit une flamme jaune.

Voici l'interprétation du phénomène d'après le réalisme absolu classique :

Le jaune formel (c'est-à-dire, je le répète, ce que le vulgaire appelle jaune) est une propriété, une qualité de la flamme aussi réelle que son étendue plus ou moins grande. Quand donc nous disons : cette flamme est

jaune, nous lui attribuons une propriété qu'elle possède *telle que nous l'y voyons*. Cette qualité est conditionnée dans l'objet lumineux par un certain mouvement vibratoire (on admet cette hypothèse des physiciens contemporains) ; ce mouvement vibratoire se propage et avec lui se propage la qualité jaune. Non pas que la qualité de la flamme elle-même se déplace, mais, avec le mouvement vibratoire se produit une qualité semblable à celle de la flamme. L'organe sensible visuel sera impressionné simultanément et par le mouvement vibratoire et par la qualité qui l'accompagne. Ainsi sera produite une modification psychique appelée *espèce impresse* qui informera la faculté visuelle. Grâce à cette information assimilatrice avec l'objet, le sens de la vue connaîtra le jaune formel auquel il sera devenu semblable intentionnellement (1).

Cette conception ancienne n'est manifestement pas conciliable avec les faits les plus vulgaires. Un même objet, par exemple, vu sous des angles différents, change de couleur ; il est donc impossible qu'il possède *en lui-même* une seule et même couleur. Quand la distance qui sépare un corps sonore ou lumineux du sujet qui perçoit la lumière ou le son varie, la sensation varie elle aussi (Principe de Döppler). Inutile de multiplier les exemples. Une connaissance très élémentaire de la Physique suffit pour avoir sur ce sujet sa conviction faite (2).

Les partisans du *réalisme absolu critique* proposent donc une autre explication de la sensation visuelle déterminée par la flamme jaune. Pour eux la couleur

(1) Plusieurs scolastiques soutenaient cependant que l'espèce impresse pouvait n'être pas semblable formellement à l'objet, mais seulement virtuellement. Tous admettaient du moins que la connaissance sensible elle-même était une assimilation formelle avec l'objet.

(2) C'est principalement contre cette première forme du réalisme absolu que sont dirigés les arguments du P. Gründer dans sa toute récente brochure (**23**) à laquelle je ferai plusieurs emprunts.

jaune n'appartient pas à la flamme, mais aux radiations émises par cette flamme. Ces radiations, constituées à la fois par des mouvements vibratoires et par une qualité de jaune formel, arrivent à la rétine et l'objet qui est vu immédiatement n'est autre que la *tache colorée* qui est en contact avec l'organe sensible.

M. l'abbé Dubosc donnait en 1895 un très bon exposé de cette théorie. Elle résout très heureusement un bon nombre des objections que l'on peut faire, au nom de la Physique, au réalisme absolu classique (**12**).

C'est sous cette forme aussi que le R. P. Geny, professeur à l'Université Grégorienne, défend la thèse perceptionniste (**19**, **20**). Il ajoute même à ce qui avait été dit par ses devanciers une hypothèse qui mérite de retenir l'attention (1).

Répondant à la difficulté tirée du principe de Döppler, il écrit : « Nous pourrions répondre d'abord, que l'objection aboutirait tout au plus à faire considérer la lumière et le son comme n'existant « formellement » que dans l'organisme, comme élaborés par l'organisme avant d'être présentés au sens proprement dit, c'est-à-dire au principe connaissant : il n'y aurait là qu'un *interprétationnisme physiologique* auquel la critique n'a rien à reprendre (**20**, p. 168). »

Il semble que nous touchons là à la limite extrême des concessions que puissent faire les réalistes absolus. Le P. Geny ne pense pas d'ailleurs qu'on soit forcé d'en venir à cette extrémité. « Qui nous dit qu'il n'y a pas (en plus du mouvement) une tout autre chose, qualité pure véhiculée, sinon produite par le mouvement ? »

Je ne fais pas, pour le moment, la critique de ces ingénieuses hypothèses, qu'il me suffise de les avoir énoncées.

(1) Si je reviens souvent dans la suite de cet article sur le travail de mon excellent ami le P. Geny, ce n'est pas seulement parce qu'il est le dernier en date, mais surtout parce qu'il est particulièrement clair et fortement pensé.

B. *Preuves du réalisme absolu*

On devrait toujours déterminer nettement à quel point de vue on se place, quand on cherche à établir la vérité du réalisme absolu. Plusieurs auteurs négligent de le faire et mêlent dans leurs raisonnements les considérations d'ordre critique, psychologique et métaphysique. Le P. Geny insiste avec raison sur les inconvénients de cette manière de procéder et il se place exclusivement, dans son dernier travail, sur le terrain critériologique.

Si je ne me trompe, voici le fond de son argumentation : On n'a aucune raison valable d'admettre la perception immédiate des qualités primaires, si l'on admet la perception médiate des qualités secondaires. L'interprétationnisme conduit donc logiquement au subjectivisme total. De là à l'idéalisme il n'y a pas loin. Si, en effet, nous n'avons du monde extérieur aucune connaissance immédiate, nous ne pouvons même pas acquérir l'idée de monde extérieur.

Ce raisonnement suppose que tout interprétationnisme entraîne nécessairement l'admission d'une connaissance médiate. Si l'on nie cette supposition préliminaire, et je tâcherai de montrer plus loin qu'on peut le faire très légitimement, l'argumentation perd toute sa force.

Une autre manière de prouver le réalisme absolu consiste à affirmer que toute connaissance atteint nécessairement son objet *tel qu'il est*. D'où il suit qu'une connaissance transformante est contradictoire dans les termes. Si les sensations visuelles, auditives, etc., sont des connaissances, il faut que leurs objets, les couleurs et les sons, soient en dehors de nous tels que nous les connaissons.

Je ne puis pas, avant d'avoir exposé le réalisme mitigé, faire la critique de cet argument capital ;

je me contente de faire remarquer actuellement que l'on se donne comme acquis ce qui est précisément en question, à savoir, que les couleurs et les sons *formels* sont bien réellement les *objets* des sensations visuelles et auditives.

Pour établir que les qualités secondaires sont dans les objets extérieurs « telles que nous les y percevons », les réalistes absolus font appel ordinairement à des arguments d'ordre psychologique qui viennent renforcer les preuves critériologiques.

Toute connaissance, affirment-ils, suppose qu'il y a *assimilation* entre le sujet connaissant et l'objet connu. L'objet est donc connu *comme* il est.

L'objet, ajoutent-ils, ne vient pas en nous, mais il y a en nous un double de l'objet, l'*image* ou *espèce impresse*, qui, elle, n'est pas connue, mais est *semblable* intentionnellement à l'objet. Cette espèce informe la faculté connaissante qui est ainsi assimilée à l'objet dans l'ordre de la connaissance.

Si par *similitude intentionnelle* on veut simplement dire connaissance, il n'y a pas de difficulté dans cette théorie. Il est très vrai que l'objet connu par les sens doit agir sur eux et les déterminer à connaître ; mais cette action de l'objet sur le sujet assimile-t-elle *formellement* le sujet à l'objet ? C'est précisément le problème débattu.

Que les partisans du réalisme absolu fassent usage de la théorie de l'assimilation pour prouver leur thèse, c'est indubitable ; pour plusieurs, c'est même l'argument capital.

Je me contenterai de citer un texte du R. P. De Backer dont la clarté ne laisse rien à désirer : « Inter actum cognoscitivum repraesentative inspectum et objectum ad quod actus terminatur (quantum est per se) *formalis* similitudo intercedat oportet : cognitio enim consistit in *assimilatione* subjecti cognoscentis cum

proprio cognitionis objecto. Atqui si color, sonus, aliaque id genus sensibilia non sunt a parte rei nisi meri motus locales, nulla invenitur similitudo, sed contra omnimoda dissimilitudo inter sensibilem nostram cognitionem (quatenus haec circa sensibilia propria versatur) et ejus objectum. Nam evidens est colorem e. g. apprehendi a nobis non ut speciem quamdam motus localis, sed ut qualitatem a quolibet motu locali plane diversam ; unde nemo est qui non probe distinguat inter rationem motus et rationem coloris. Ergo nisi genuinus conceptus cognitionis penitus corrumpatur, atque adeo idealismo via sternatur, dicendum est sensibilia propria non meros motus locales sed qualitates esse proprie tales (**1**, p. 102) (1). »

On trouverait des textes semblables chez presque tous les auteurs néo-scolastiques partisans du réalisme absolu. La chose est si évidente que l'on désigne souvent le réalisme absolu du nom de théorie de l'assimilation.

Dans son ouvrage sur l'objectivité des sensations externes et dans deux articles récents, Mgr Farges s'efforce de prouver par la métaphysique qu'il doit y avoir similitude entre le sujet connaissant et l'objet connu.

Il met à la base de son argumentation deux principes généralement admis en philosophie péripatético-thomiste :

1° L'action de l'agent est dans le patient ;

2° Tout agent produit quelque chose qui lui est semblable.

On voit la conclusion qui se dégage du rapproche-

(1) Le P. Pesch insiste beaucoup sur cet argument tiré de l'assimilation formelle :

« Ea est natura cognitionis, ut non solum causa nescio quae efficiens extra cognoscentem esse debeat, quae cum facultate cognoscitiva ad efficiendas species sive repraesentationes concurrat, sed etiam causa formalis sive id quod specie expressa repraesentatur (**45**, n. 649) ».

ment de ces deux adages, lorsqu'il est question de la connaissance sensible. L'objet agit sur le sujet, son action est donc dans le sujet connaissant. Mais cette action tend à assimiler le sujet à l'objet en vertu du second principe. Donc la connaissance sensible suppose l'assimilation du sujet avec l'objet.

On serait séduit par la simple élégance de cette démonstration, si la question ne se posait pas tout de suite indiscrète : mais que veut-on dire lorsque l'on répète que tout agent produit quelque chose qui lui est *semblable ?*

Il me semble que ce principe équivaut tout simplement à cet autre : toute cause agit d'après sa nature ; un agent ne fait pas n'importe quoi, mais agit dans son ordre. Tout cela est infiniment vrai, mais n'avance pas beaucoup la question de la similitude.

Mgr Farges interroge donc S. Thomas pour obtenir du grand Docteur une interprétation authentique du précieux principe. Voici son texte auquel je me reprocherais de changer un mot :

« Si nous en demandons la raison à S. Thomas, il nous répondra en peu de mots moins par un raisonnement que par une explication simple et lumineuse. L'acte d'une force naturelle, nous dit-il, est l'expression même, la manifestation de cette force et cette manifestation, quoique partielle et incomplète, n'en est pas moins vraie et sincère, car une force ne peut agir que conformément à sa nature. *De natura agentis est ut agens agat sibi simile, quum unumquodque agat secundum quod est actu* (Contra Gent. l. I, c. 29). Donc, si l'acte est l'expression et la ressemblance de l'agent, ou sa manifestation, recevoir cet acte d'une manière purement passive sera recevoir sa ressemblance. Agir, nous dit encore le Docteur Angélique, c'est se communiquer par son acte à celui qui peut le recevoir, et dans la mesure où il est capable de le

recevoir. *Agere est communicare illud quod agens est in actu, secundum quod possibile est* (**16**, p. 393). »

Je ne sais si le lecteur partagera mon avis, mais quand je relis ces textes, je ne puis me défendre de l'impression que l'on joue un peu sur le mot *manifestation*. Il est certain qu'une action est une manifestation d'un agent. Comment tirer de là qu'il y a similitude entre l'action et l'agent ? Si l'on veut dire « similitude de proportion », point de difficulté à cela. Mais pour établir le réalisme absolu on a besoin d'un peu plus. d'une vraie ressemblance. Les textes invoqués ne permettent peut-être pas d'aller jusque là. Tout au plus aurions-nous dans ces passages l'expression d'une théorie chère à S. Thomas, nullement celle d'une thèse que le Docteur Angélique aurait crue nécessaire pour défendre l'objectivité de la connaissance.

Ce que Mgr Farges prouve victorieusement, me semble-t-il, c'est le caractère d'immédiation qui distingue toute connaissance sensible externe, et c'est le point le plus important dans son dernier travail.

Si nous établissons le bilan de ces diverses preuves, nous voyons qu'une seule serait véritablement décisive, celle qui établirait que la doctrine adverse, à savoir le réalisme mitigé, conduit logiquement au subjectivisme complet et à l'idéalisme. Je n'en ferai la critique d'une manière détaillée qu'après avoir exposé les preuves du système que l'on estime si dangereux.

III. LE RÉALISME MITIGÉ (1)

A. *Les preuves du réalisme mitigé.*

Le réalisme mitigé s'appuie, je l'ai dit, sur un certain nombre de faits d'ordre physiologique et physique et prétend n'être qu'une conclusion imposée par l'étude impartiale de ces mêmes faits. Il convient donc d'examiner ces données scientifiques et de voir si les raisonnements qui en déduisent le réalisme mitigé sont rigoureux.

1. PREUVES D'ORDRE PHYSIOLOGIQUE.

A) *La fusion centrale des couleurs complémentaires dans la vision binoculaire.*

On sait que lorsque des radiations de teintes complémentaires impressionnent des *points correspondants* des rétines de l'œil droit et de l'œil gauche, de telle sorte, par exemple, que l'œil droit reçoive en un point de sa rétine des radiations jaunes, et l'œil gauche en un point correspondant des radiations bleues, le sujet éprouve ordinairement une sensation de blanc (2).

(1) On peut citer comme ayant adhéré à la théorie du réalisme mitigé : Tongiorgi, Palmieri, de Broglie, Domet de Vorges, Van Weddingen, Gutberlet, Linsmeier, Mercier, Hagemann, Maher, Fröbes, Hugon, Stöckl-Erhenfried, Balzer, Eberle, Gründer.

(2) On appelle points *identiques* ou *correspondants* les points de chaque rétine qui, impressionnés simultanément par un même point lumineux, le font voir simple. Tous les sujets ne sont pas également en mesure de réaliser cette fusion centrale des couleurs complémentaires dans la vision binoculaire. Il est nécessaire pour cela que les deux yeux soient assez rigoureusement de même force, sans quoi un des champs visuels l'emporte sur son concurrent. Helmholz et quelques autres physiologistes étaient incapables d'éprouver cette fusion binoculaire des couleurs.

On trouvera dans Wundt (**60**, B. II, pp. 62 et suiv.) des indications à ce sujet. — Les phénomènes de *contraste stéréoscopique* sont d'ailleurs d'excellentes démonstrations de l'interprétationnisme.

L'expérience est facile à réaliser à l'aide du stéréoscope. Supposons que nous ayons deux vues stéréoscopiques d'un même objet, d'une statue par exemple ; colorions celle que regardera l'œil droit en jaune pâle et celle que regardera l'œil gauche en bleu pâle. Si les teintes sont convenablement choisies, au stéréoscope on verra en relief une statue blanche.

Bien compris, ce fait suffit, si je ne me trompe, à démontrer la thèse du réalisme mitigé.

Je demande, en effet : quand le sujet voit la statue blanche, où se trouve la *qualité blanche* réellement ?

Pas sur les vues coloriées ; l'une est bleue, l'autre est jaune. Pas dans les milieux extérieurs à l'œil. Pas dans l'œil gauche, ni dans l'œil droit. Et alors ? Dans le cerveau peut-être ? L'interprétationnisme physiologique admettrait-il que le blanc formel, tel que nous l'attribuons aux objets, serait fabriqué par l'organisme et perçu immédiatement par les cellules cérébrales des sphères optiques ? Cette explication serait pour le moins inattendue. Les nerfs optiques sont-ils des milieux translucides laissant passer et transmettant la lumière telle quelle ? Et si seule l'*action* de la lumière arrive au cerveau, pas la lumière elle-même, c'est l'action de cette lumière qui est immédiatement connue, pas la lumière ni les couleurs !

Dira-t-on que dans le cas de la vision stéréoscopique en général il y a *illusion* pour la perception du relief et consécutivement *illusion* dans la perception de la couleur ? Cette réponse ne serait pas satisfaisante non plus. L'objet propre du sens de la vue n'est pas, on le sait, le relief ; mais comment est-il possible que l'on ait une vision de couleur blanche en l'absence de qualité blanche ? Là est toute la question.

Je conclus donc de cette expérience : on peut voir du blanc, ou avoir la sensation de couleur blanche sans qu'il y ait dans l'objet extérieur au sujet connais-

sant de qualité blanche. Ceci est inadmissible dans la théorie du réalisme absolu. Il est donc nécessaire d'admettre que la sensation visuelle de couleur blanche résulte d'une réaction psychique interprétative de la réalité.

L'artifice expérimental qui consiste à impressionner un des yeux par une teinte et l'autre par la teinte complémentaire n'altère en rien le processus visuel. La vision du blanc par un seul œil résulte, elle aussi, comme d'autres expériences le montreront, de la fusion *centrale* de plusieurs excitations différentes.

b) *La permanence de la sensation externe en l'absence de l'excitant.*

Supposons que l'on dispose un appareil d'éclairage de telle sorte que la rétine puisse être impressionnée pendant quelques centièmes de seconde seulement. Qu'arrive-t-il ? Des expériences de mesure ont montré que lorsque l'éclairage a cessé le sujet continue à réagir par une sensation visuelle actuelle pendant trente quatre centièmes de seconde. Je demande : pendant ces trente quatre centièmes de seconde où est le rouge, le vert, le bleu objectif réel que vous percevez ?... Il reste des *effets* de la lumière, soit, mais de lumière, de couleur objective, point. Donc il n'y a pas, pendant ces trente quatre centièmes de seconde, perception immédiate d'une qualité *absente*.

Je ne vois pas comment les partisans du réalisme absolu peuvent expliquer ce fait bien simple. Pour l'interprétationniste la chose est facile. La couleur formelle est une modalité subjective d'une réaction psychique qui se prolonge plus ou moins longtemps après que sa cause a cessé d'agir.

On sait que la persistance des images rétiniennes explique aussi l'expérience classique du disque de Newton.

c) *Les sensations déterminées par les excitants inadéquats*

Certains excitants ne peuvent déterminer de réaction sensorielle, que s'ils agissent sur un organe spécial. Ainsi la lumière ne peut déterminer chez nous de sensation que si elle impressionne la rétine ; le son, que s'il agit sur les terminaisons du nerf acoustique, etc. On appelle ces excitants, excitants *particuliers*.

D'autres excitants, tels que des pressions mécaniques, des actions chimiques, des actions électriques peuvent déterminer des sensations en agissant sur plusieurs sens différents. On les appelle excitants *généraux*.

Lorsqu'un sens réagit par une sensation à un excitant qui n'est pas son excitant propre, on dit qu'il y a excitation inadéquate. Or, ce qui est tout à fait remarquable, c'est que, même dans ce cas, le sens réagit par une sensation de même ordre que celle que détermine en lui l'excitant propre ou adéquat.

Voici quelques exemples qui ne sont pas controversés, je crois, parmi les physiologistes. J'omets à dessein les expériences douteuses, ou celles qui peuvent recevoir des explications très diverses.

Si l'on excite mécaniquement la corde du tympan, que l'on peut atteindre directement dans des opérations sur l'oreille moyenne, on détermine chez le sujet une sensation gustative. Aucune excitation n'est produite de cette manière sur l'organe périphérique ; mais la corde du tympan renferme des fibres centripètes de la sensibilité gustative, les centres cérébraux mis en branle réagissent par une sensation spécifique de gustation.

Une pression produite sur la rétine détermine une sensation visuelle de lumière plus ou moins nettement colorée, ordinairement jaune-rouge. Si la pression se déplace, la tache colorée se déplace elle aussi et en

sens inverse du déplacement de la pression. On réalise facilement cette petite expérience lorsque, fermant les paupières, on appuie dans l'angle interne d'un des globes oculaires une pointe mousse. Si la pointe en pressant s'abaisse, la tache lumineuse semble remonter. Ces taches lumineuses sont appelées *phosphènes*.

Une pression produite sur le nerf acoustique détermine chez 5 à 6 °/₀ des personnes soumises à l'expérience, une sensation auditive.

Sur certains points de la peau, une faible pression détermine une sensation de pression, sur d'autres une sensation de froid ou de chaleur.

Si l'on remplace l'excitant mécanique pression par l'excitant électrique, les résultats subjectifs sont les mêmes.

L'explication la plus obvie de ces faits est évidemment celle que donnent *tous* les physiologistes contemporains, *sans exception*, je crois. Si l'on éprouve une sensation visuelle quand la rétine est excitée mécaniquement ou électriquement, ce n'est pas qu'il y ait ni lumière, ni couleur physique réellement produites ; mais l'appareil sensoriel de la vision, ne pouvant réagir que par une vision, donne une sensation visuelle même quand il est accidentellement ébranlé par un autre excitant. Cette vision sera une *sensation externe improprement dite*, elle ne nous fera pas, en effet, *voir un objet extérieur*. Si l'on prend donc les mots dans toute leur rigueur, c'est une sensation *sans objet*. Elle a une cause et même une cause externe, mais cette cause n'étant pas la cause normale, qui est dite connue lorsqu'elle détermine la vision, il n'y a pas à proprement parler connaissance sensible externe.

On voit tout le parti que l'interprétationnisme peut tirer de ces expériences.

Plusieurs philosophes contemporains, Wundt notam-

ment, ont fait, il est vrai, d'assez sévères critiques à ce que l'on a appelé *la loi des énergies spécifiques des nerfs*. Cette loi, formulée par Jean Müller, était, en effet, trop absolue. Elle réduisait trop la part de spécificité qui convient aux excitants extérieurs pour augmenter celle des appareils nerveux. On admet aussi très généralement aujourd'hui que si les appareils sensoriaux externes sont hautement différenciés, les nerfs eux-mêmes sont plutôt des conducteurs indifférents et que les régions cérébrales sensorielles, au contraire, jouent un rôle essentiel dans la spécification de nos sensations.

Mais ces discussions d'ordre plus physiologique que psychologique n'infirment en aucune façon la preuve expérimentale que les réalistes mitigés tirent des faits cités plus haut (1).

Examinons d'un peu plus près quelles pourraient être en dehors de l'interprétationnisme psychologique les *explications* des faits en question.

« On a essayé plus d'une réponse, écrit le P. Geny. La plus simple est évidemment de voir, dans les phénomènes décrits, des sensations purement internes ; mais il semble bien que cette interprétation fasse violence à la conscience de celui qui les éprouve (**20**, p. 171). »

Je crois que l'on peut, en effet, distinguer parfaitement une imagination vive, par exemple, d'un phosphène.

Il ne faudrait cependant pas croire que dans les cas d'excitation inadéquate les sensations antérieurement causées par l'excitant adéquat ne jouent absolument aucun rôle. D'après Wundt, un aveugle de naissance

(1) L'étude de Weinmann (**57**) tend à critiquer les conclusions idéalistes que l'on a voulu souvent déduire de la loi de Müller. Weinmann est d'ailleurs, comme tous les physiologistes, partisan d'une certaine subjectivité des qualités sensibles.

n'éprouve pas de phosphènes, si on exerce une pression sur son œil, ou même si on excite électriquement sa rétine. Pour que l'appareil sensoriel puisse être mis en branle par un excitant inadéquat, il faut qu'il ait été préalablement impressionné par l'excitant adéquat. On sait quel rôle important joue l'excitation fonctionnelle dans le développement physiologique d'un organe. Nous avons là une remarquable application de ce principe.

Une autre réponse « consiste à supposer qu'un même excitant contient, ou du moins peut produire formellement plusieurs énergies spécifiquement distinctes ; le caractère mystérieux de l'électricité en particulier, la multiplicité des effets que nous lui voyons exercer, donnait à l'hypothèse une apparence satisfaisante. Elle n'a pourtant pas été prise au sérieux par les hommes de science, et il faut convenir qu'elle ne pouvait guère l'être ; passe encore pour l'électricité, mais comment soutenir qu'une faible pression mécanique produise à elle seule de la lumière ? »

On ne saurait mieux dire et je me rallie pleinement sur ce point à la critique du P. Geny. Mais il continue et son texte doit être cité en entier :

« Il suffira pourtant de modifier légèrement cette seconde explication pour la rendre acceptable. Qu'on le remarque, il s'agirait, dans les expériences de Müller, d'une production de qualités sensibles à l'intérieur de l'organisme, à laquelle par conséquent l'organisme peut fort bien collaborer. Et, de fait, la luminosité vague que donne l'application d'un courant électrique ou une pression diffère-t-elle beaucoup de la phosphorescence que produisent les yeux d'un chat ou l'arrière-train d'un ver luisant ? Le pourpre rétinien, encore si imparfaitement connu, a déjà du moins révélé des propriétés qui autorisent l'hypothèse ; ce que les physiologistes appellent l'appareil crépusculaire (Dämmerungsapparat) y peut jouer son rôle. » Et en note : « Cette élabo-

ration des qualités sensibles par l'organisme pourrait-elle être admise non seulement dans le cas d'excitants inadéquats, mais aussi dans le cas normal ? C'est une question qui ne nous paraît pas relever de la critique et que nous laissons de côté. On sait qu'Aristote et saint Thomas ont admis que certains sensibles n'existaient qu'au moment où ils étaient sentis (**20**, p. 172). »

Si je comprends bien, voici comment s'expliquerait un phosphène causé par une pression sur le globe oculaire : la pression déterminerait l'organisme à réagir par une production de lumière véritable, plus ou moins comparable à celle qu'émet un ver luisant et les terminaisons sensibles percevraient cette lumière.

Je crains que le P. Geny n'ait été entraîné un peu loin par cet essai d'explication. L'arrière-train d'un ver luisant est très réellement une source de lumière, l'œil des chats ne l'est pas. Si les yeux des félins ont la propriété de briller dans une demi-obscurité, ils la doivent à un tissu spécial, le tapis, différenciation de la choroïde, qui reflète la lumière venue du dehors (1).

Si quelqu'un soutenait qu'il se produit dans les centres nerveux des phénomènes de luminosité comparables à de la phosphorescence, il pourrait mettre ses adversaires au défi de lui prouver expérimentalement le contraire, mais il devrait, je le crains, renoncer à être pris au sérieux par un physiologiste.

d) *Les dyschromatopsies*

Les troubles pathologiques dans la vision des couleurs désignés sous le nom de dyschromatopsies sont relativement fréquents, du moins aux degrés faibles. Le classique daltonisme se rencontre plus ou moins accentué chez 3 à 4 % des sujets examinés, mais il ne

(1) Cf. Nuel (**42**, p. 730).

constitue qu'une catégorie particulière dans ce genre d'affections très variées.

Voici un cas qui n'est pas très rare et qui nous fournira un argument intéressant.

Certains sujets réagissent par une sensation visuelle de blanc à des radiations de couleur différente. Supposez que l'on prie un malade affecté de ce trouble de regarder un spectre de lumière solaire étalé en bande ; il verra une plage blanche là où des yeux normaux voient du vert, du jaune ou du bleu. Là où il voit du blanc, il n'y a objectivement aucune couleur ni lumière blanche.

Le daltonisme ordinaire ne fait pas grande difficulté aux perceptionnistes. Si le malade juge à tort que l'objet ne lui envoie que les radiations qu'il perçoit, il se trompe ; mais dans ce cas il dépasse ce que lui permet d'affirmer sa sensation. Il devrait se contenter d'affirmer qu'il perçoit telle teinte, ce qui est vrai, car il est aveugle pour certaines radiations.

Dans le cas de dyschromatopsie que j'ai cité plus haut, cette explication ne vaut plus. Est-il possible d'en donner une qui s'accorde avec le réalisme absolu ? J'en doute fort.

e) Les phénomènes d'induction et de contraste simultané

Mettez sur des papiers de couleur vive l'un rouge, l'autre jaune-orange, deux petits morceaux de papier noir ; observez successivement pendant un temps assez long (une ou deux minutes) à une bonne lumière : bientôt le papier noir mis sur fond rouge prendra une teinte verte de plus en plus accentuée ; le papier noir mis sur fond orange prendra une teinte bleue.

Les physiologistes ont proposé diverses interprétations de ces faits. La plus généralement acceptée aujourd'hui est la suivante : quand une région de l'œil est impres-

sionnée par une radiation donnée, les régions voisines réagissent *par induction*, c'est-à-dire qu'elles tendent à donner une sensation correspondant à la radiation complémentaire. Quand vous regardez le papier noir sur fond rouge, la région non impressionnée par le rouge, réagit inductivement par une vision de vert.

Quelle sera l'explication vraisemblable de ce fait dans la doctrine du réalisme absolu ? Dira-t-on qu'il y a fatigue de l'organe visuel et que nous sommes dans des conditions anormales ? Je ne le nie pas, mais c'est la possibilité même de cette sensation en l'absence d'un objet correspondant qui est en désaccord manifeste avec les principes de la théorie.

f) *Le siège cérébral de la sensation*

Si la sensation a, comme les physiologistes contemporains l'admettent unanimement, son siège dans le cerveau, on ne voit pas trop comment elle peut conserver avec son objet le contact que semblent exiger certaines théories perceptionnistes.

Le P. Geny ne pense pas que le fait, s'il était démontré, portât un coup mortel à sa thèse. « Il n'y aurait point là, écrit-il, d'action à distance : de ce que l'objet n'agit sur la faculté que par un intermédiaire, il ne s'ensuit nullement que cet intermédiaire doive être premièrement connu : n'est-ce pas encore et toujours, la confusion du *medium quo* et du *medium quod cognoscitur* (**20**, p. 171) ? »

Pour mieux nous entendre sur ce point, prenons un exemple. Je suppose qu'il s'agisse d'une sensation visuelle, que, pour un moment, on nous concède produite dans le seul cerveau. Ne faut-il pas logiquement choisir entre l'une ou l'autre de ces deux hypothèses : ou bien la lumière s'arrête dans l'œil, ou bien elle est

conduite comme telle par le nerf optique jusqu'aux centres cérébraux. Dans le premier cas, ce n'est pas la qualité qui est immédiatement perçue, mais seulement son action. Il ne sert de rien de faire appel à la distinction entre le *medium quo* et le *medium quod*, car seules les modifications de l'organe connaissant sont appelées *medium quo* en scolastique, et l'altération transmise par les voies optiques ne serait pas encore une modification de l'organe connaissant lequel, par hypothèse, est le seul cerveau. Dans le second cas, il faudrait admettre, ce que ne fait pas d'ailleurs le P. Geny, que les nerfs optiques transmettent la lumière comme telle, hypothèse contraire à tout ce que nous savons de la nature de cet organe.

Il m'est impossible d'exposer ici en détail les raisons pour lesquelles tous les physiologistes contemporains, sans exception je pense, soutiennent que le siège de la sensation, en tant que phénomène psychique, est exclusivement le cerveau. Les réalistes absolus veulent bien concéder que cet organe central est indispensable pour qu'il y ait sensation. « Mais pourquoi ne pas admettre, demande le P. Geny, que l'organe périphérique, le cordon nerveux et la région cérébrale forment un tout organique, qui sent d'une sensation unique ? » — Parce que, répondrai-je, cette hypothèse est en contradiction avec tout ce que l'on sait du fonctionnement du système nerveux. Ce qui est au-dessous des centres percepteurs cérébraux se comporte comme appareil de réception et de transmission physiologique, appareil qui tombe au repos, une fois accomplies la réception et la transmission, si une nouvelle excitation ne vient pas le remettre en activité. Au moment où les sphères cérébrales réagissent, l'organe périphérique a cessé d'agir, il n'est donc pas possible que la sensation soit produite par lui. De plus, et cet argument me paraît irrésistible, si la réaction de l'organe périphérique était indispensable

pour qu'il y ait sensation, on ne devrait pas pouvoir déterminer de sensation sans qu'il y ait excitation de l'organe périphérique. Tout le monde sait qu'il en va autrement ; les expériences faites sur la corde du tympan suffiraient à le démontrer. Une sensation gustative peut être produite sans qu'il y ait aucune réaction de l'organe gustatif terminal. Le fait de la fusion psychique des images obtenues par les deux yeux, dans la vision binoculaire, me semble fournir à qui y réfléchit une autre preuve apodictique du siège cérébral de la sensation.

g) *Hallucinations*

Dans certains cas, évidemment morbides, les centres cérébraux entrent en jeu sans qu'il y ait eu d'excitation transmise par les organes périphériques. Le résultat de ce fonctionnement pour ainsi dire automatique des centres, causé le plus souvent par diverses intoxications, se traduit pour le sujet qui les éprouve en sensations visuelles, auditives, olfactives, etc.

Ces sensations ne se distinguent pas de celles que pourraient déterminer des objets extérieurs. J'ai personnellement connu un sujet qui souffrait d'hallucinations auditives particulièrement intenses et à qui il était impossible de distinguer ces auditions apparentes d'une audition réelle. Il entendait des voix et distinguait assez nettement quelquefois ce qu'elles lui disaient.

Sans doute ces hallucinations ne sont possibles qu'après des perceptions externes normales qui ont laissé des traces dans la faculté sensible ; mais ne démontrent-elles pas que, dans certaines circonstances, le cerveau peut à lui seul déterminer des sensations ? Ce ne seront pas des sensations externes proprement dites, puisqu'elles ne feront connaître aucun objet extérieur, mais ce ne seront pas davantage de purs actes d'imagination. Dans le cas d'une hallucination auditive,

par exemple, il n'y aura pas audition d'un son *réel* (il n'y a pas de vibrations extérieures), mais le sujet éprouvera la même réaction subjective que celle que déterminerait un son réel et cette réaction aura son caractère qualitatif bien déterminé.

Il est donc possible d'éprouver une réaction auditive ou visuelle qualitativement spécifiée, sans qu'il existe en dehors du sujet connaissant une qualité correspondante actuellement perçue.

Je reconnais volontiers que ce dernier argument tiré des hallucinations n'a pas la même valeur que les précédents. Joint aux autres, il ne m'a pas semblé absolument négligeable et peut-être vaut-il au moins à titre de confirmation.

2. ARGUMENTS D'ORDRE PHYSIQUE

La Physique peut-elle fournir des preuves apodictiques de l'interprétationnisme ? Plusieurs semblent le croire. Ainsi, le R. P. Balzer, S. J., dans un article récent, cherchait à établir par une série de thèses relatives aux phénomènes lumineux, la vérité du réalisme modéré. Il demandait même aux adversaires de vouloir bien lui signaler quel point de son argumentation, à leur avis, laissait à désirer.

En réponse à ce travail, le P. Geny envoya au Philosophisches Jahrbuch une courte note dans laquelle il critiquait la thèse cinquième du P. Balzer, ainsi conçue : « En dehors de notre perception sensible, la lumière n'a aucune réalité distincte du mouvement vibratoire transversal ». Le P. Geny interprétait la preuve tirée des faits d'interférence comme suit : « Si l'on admet que la couleur est une qualité du milieu vibrant, qui n'est pas le mouvement, mais se produit avec et par le mouvement, de telle sorte que les déterminations de la qualité produite (intensité et teinte)

correspondent aux caractères de la vibration (intensité et longueur d'onde) tous les faits s'expliquent. Dans les interférences, par exemple, il y a non pas deux qualités qui s'ajoutant donnent une absence de qualité, mais deux mouvements qui se neutralisent, et de la cessation du mouvement résulte la disparition de la qualité (19, p. 532). » D'où l'on conclut que la position des réalistes absolus est *inexpugnable*.

Il me semble que si l'on se place au point de vue des seuls phénomènes physiques, il faut donner raison au P. Geny. On peut bien montrer, en acoustique par exemple, qu'un mouvement vibratoire est la condition physiquement nécessaire de la sensation auditive ; mais qu'un philosophe arrive et vous dise : lorsque vous déterminez un mouvement vibratoire, du même coup vous déterminez l'apparition d'une *qualité sonore* ; prouvez-moi, si vous le pouvez, que cette qualité n'existe pas !

S'il est sage, le physicien n'insistera pas. Il pourrait montrer que cette qualité est *très invraisemblable* ; qu'il faut accumuler d'une façon entièrement arbitraire hypothèses sur hypothèses pour faire cadrer les faits physiques avec l'apparition et la disparition au moment voulu de cette réalité qui accompagne le mouvement. Mais tout cela ne gênerait guère, j'imagine, le philosophe convaincu de l'existence de ces qualités.

On lui dit qu'il ne faut pas multiplier les êtres sans nécessité et que tout s'explique fort bien avec des vibrations ; il admet le principe, mais rejette la conclusion. Pour lui, en effet, il y a nécessité, au nom de la critique, d'admettre les qualités formelles en dehors du sujet ; il attend qu'on lui démontre par la Physique que sa position est en contradiction avec les faits.

Cette démonstration, je le répète, n'a pas été encore donnée et peut-être ne peut-elle pas l'être (1).

(1) J'entends une démonstration entièrement rigoureuse. J'admets tout à

Si la Physique est impuissante à démontrer l'absence des qualités formelles hors du sujet connaissant, elle peut facilement prouver que ces qualités ne sont pas dans les corps comme le vulgaire et beaucoup de philosophes anciens se l'imaginaient. En exposant le réalisme absolu critique, j'ai déjà fait remarquer que les couleurs formelles, par exemple, ne sont pas à la surface des corps opaques qui ont simplement la propriété d'absorber certaines radiations et de diffuser les autres. Sur ce point il ne devrait plus y avoir de controverses possibles.

Il semble aussi que l'on devrait toujours faire une différence bien marquée, lorsqu'il s'agit d'opposer des *théories physiques* à une thèse de philosophie naturelle, entre celles qui sont encore purement hypothétiques et celles qui ont été démontrées vraies. Peu importe que dans ce dernier cas on leur conserve encore le nom de théorie ou qu'on leur en donne une autre. La nature intime de la chaleur et de la lumière nous est inconnue; la théorie cinétique, quand elle leur est appliquée, est donc une hypothèse. Peut-on en dire autant du son? Je ne le crois pas. On n'est pas certain que les phénomènes lumineux soient conditionnés par des mouvements de vibrations transversales de l'éther. On est certain que les phénomènes sonores sont conditionnés par des vibrations des milieux élastiques, dans lesquels il se propage. Il n'est pas exact, je crois, de dire que dans ce dernier cas on ne reconnaisse à l'explication mécanique qu'une valeur d'interprétation symbolique (1).

fait avec les PP. Fröbes (**18**) et Balzer (**3**, **4**) que les arguments tirés de la physique peuvent suffire à qui se propose d'expliquer les faits de la manière la plus obvie et la plus vraisemblable. Ils sont même absolument décisifs contre le réalisme absolu classique ; mais le réalisme absolu critique, admettant au besoin l'interprétationnisme physiologique, pourrait éluder l'argumentation dirigée contre lui.

(1) Quelques expressions de M. Duhem laisseraient croire que telle est cependant sa pensée. La compétence me manque pour pousser plus loin ce

B. *Les diverses formes du réalisme mitigé*

La théorie du réalisme mitigé se dégage donc d'elle-même des faits physiologiques précédemment exposés. En voici les grandes lignes :

Les propriétés spéciales des objets qui déterminent nos sensations visuelles de lumière ou de couleur, nos sensations auditives de sons, gustatives de saveur etc., sont aussi réelles et extérieures que l'étendue ou le mouvement : mais les sensations qu'elles déterminent en nous, ne nous renseignent pas sur leur nature

point de la discussion. Je me contenterai de renvoyer le lecteur à un intéressant article de l'ANNÉE PHILOSOPHIQUE dans lequel M. Lechalas fait les remarques suivantes : « Appliquée à la théorie acoustique, la conception de M. Duhem surprend. Quand nous disons que deux vibrations, en interférant, peuvent engendrer des renforcements ou des atténuations du son, nous ne prétendons point élucider les problèmes métaphysiques sur la nature de l'espace et du temps, non plus que sur la nature intime de la matière ; mais nous rattachons le renforcement ou l'affaiblissement de notre sensation au fait de la composition des mouvements d'un mobile, et il est assez naturel de dire que ce fait (ou cette loi mécanique, si l'on veut) explique les différences de nos perceptions.

» Que M. Duhem nous permette de lui adresser une prière. Nous avons vu qu'il étend à l'acoustique son anathème contre toute théorie physique explicative, car non seulement il formule son anathème en termes absolument généraux, mais donnant la parole à ses contradicteurs, il leur fait précisément choisir la théorie acoustique comme exemple. Mais dans ses développements, rien n'indique comment ses critiques contre les théories explicatives s'appliquent en particulier à l'acoustique, et cependant il y aurait grand intérêt à le faire, car certaines de ses critiques paraissent ne s'y appliquer qu'assez malaisément. Tout au moins aimerait-on savoir s'il se place au point de vue adopté par M. Poincaré quand celui-ci nie qu'on puisse aucunement savoir si la géométrie de notre Univers se rapproche ou non de la géométrie euclidienne. C'est en effet là une question de physique et la thèse logique de M. Duhem conduit à lui opposer une déclaration d'incompétence. Mais l'éminent professeur de l'Université de Bordeaux ne s'est jamais expliqué assez catégoriquement pour qu'on soit bien sûr de ne pas lui attribuer une thèse plus absolue qu'il ne le voudrait (**32**, p. 131). »

Il va sans dire que les réalistes mitigés ne sont nullement *mécanistes*. S'ils contestent la présence dans les objets extérieurs de couleurs ou de sons formels, ils ne nient pas l'existence de qualités motrices distinctes du pur mouvement local. Ces dernières peuvent être requises pour expliquer le mouvement lui-même, mais elles ne sont pas *semblables* aux modalités subjectives sous lesquelles nous les percevons.

intime et absolue. C'est ce que l'on exprime souvent en disant que les qualités secondaires sont formellement subjectives. On ne veut pas dire par là évidemment que la propriété qu'a, par exemple, un objet d'être rouge ou d'être vert soit une modification subjective, mais seulement que cette propriété ne ressemble en rien au rouge ou au vert formel que ma sensation visuelle me fait éprouver (1). J'aurai donc beau réfléchir à la sensation que j'éprouve en voyant un objet rouge, je n'apprendrai ainsi nullement ce qu'est *en elle-même* la propriété qui me procure cette sensation. Je puis seulement savoir ce qu'elle est par rapport à moi. Au contraire, quand je touche ou que je vois un objet étendu et que dans un jugement je lui attribue l'étendue, je sais en quoi consiste cette propriété, j'en connais *la nature absolue*.

Tous les auteurs néo-scolastiques qui se rallient au réalisme mitigé admettent, je crois, ces points fondamentaux du système. Mais tous ne comprennent pas de la même manière le processus psychologique de la sensation dite externe; de là des divergences dont plusieurs sont peut-être seulement verbales, dont certaines semblent plus profondes.

Je distinguerai deux formes principales de réalisme mitigé, caractérisées l'une et l'autre par leur attitude vis-à-vis du subjectivisme. A la première on peut

(1) Il y a longtemps que Taine notait les confusions qui résultent presque inévitablement du double sens des mots couleur, son, odeur, etc. « Les mots saveur, odeur, son, couleur, chaleur désignent tantôt une propriété plus ou moins mal connue des corps environnants, des particules liquides ou volatiles, des vibrations aériennes ou lumineuses, tantôt l'espèce bien connue des sensations que ces corps, particules et vibrations, excitent en nous. Mais la distinction est aisée à faire ; car la propriété appartient à l'objet et non à nous, tandis que la sensation appartient à nous et non à l'objet. Le jus de citron a une saveur acide : cela signifie que le jus de citron possède une propriété inconnue capable d'éveiller en nous une sensation bien connue, celle de saveur acide. Cette feuille de papier est de couleur blanche : cela signifie que, en vertu de sa texture particulière, cette feuille de papier une fois éclairée, peut éveiller en nous la sensation de la couleur blanche (**53**, p. 167). »

donner le nom de *semi-subjectivisme*, à la seconde je réserverai celui d'*interprétationnisme immédiationniste*.

a) *Le semi-subjectivisme*

D'après cette opinion, ce que nous percevons immédiatement quand nous avons une sensation visuelle ou auditive, c'est la couleur formelle ou le son formel. Or, couleur formelle et son formel sont des modifications subjectives, des sensations. Donc, en les percevant, nous ne connaissons immédiatement que des affections subjectives. Les propriétés des corps qui ont déterminé ces sensations visuelles ou auditives ne pourront être connues que médiatement et grâce à un raisonnement. L'étendue au contraire et le mouvement local peuvent être perçus immédiatement par les sens et sans raisonnement.

Le nom de semi-subjectivisme convient donc bien à cette théorie, puisqu'elle restreint aux qualités secondaires ce que le subjectivisme total étend à toutes les propriétés des corps.

Que le semi-subjectivisme tel qu'il est conçu, par exemple, par M. de Broglie, conduise nécessairement à l'idéalisme, je crois qu'il serait difficile de l'établir. J'ai donné plus haut les raisons pour lesquelles un subjectiviste admettant la connaissance immédiate de son propre corps pourrait se démontrer légitimement l'existence du monde extérieur étendu.

Mais peut-on admettre que la connaissance des qualités secondaires, en tant que propriétés des objets, est médiate, sans être entraîné à soutenir que la connaissance des qualités primaires l'est aussi ? Il ne me le semble pas. Les sensibles communs, en effet, ne sont atteints que revêtus pour ainsi dire des sensibles

propres ; si la connaissance de ces derniers est médiate, comment celle des premiers pourrait-elle rester immédiate ? On ne le voit pas. Logiquement donc le semi-subjectivisme semble conduire au subjectivisme total.

De ce chef, il n'est pas admissible, si l'on se place au point de vue psychologique. On peut d'ailleurs admettre tout ce que les physiologistes ont solidement établi au sujet de la sensation externe, sans concéder qu'aucune sensation externe ait à proprement parler pour objet une modification subjective ; c'est ce qu'ont bien compris les auteurs dont il me reste à exposer la théorie.

b) *Interprétationnisme immédiationniste*

Le point essentiel dans cette seconde forme du réalisme mitigé est le suivant : elle prétend conserver à la sensation externe son caractère de connaissance immédiate et elle admet cependant, avec les physiologistes contemporains, qu'il y a transformation, interprétation de la propriété réelle de l'objet, dans le cas de perception d'une qualité secondaire.

Pour faire mieux comprendre cette théorie, qui, je l'avoue, offre au premier abord une certaine difficulté, je reprendrai l'exemple concret qui m'a servi à exposer le réalisme absolu. Supposons qu'il s'agisse d'expliquer comment s'opère la vision déterminée par une flamme sodique jaune.

La flamme a une propriété spéciale, dont la nature intime m'est absolument inconnue, qui peut être un état vibratoire particulier, mais qui est bien distincte de la propriété qu'aurait une flamme verte ou bleue. Cette propriété active détermine dans le milieu ambiant (admettons que ce milieu soit l'éther impondérable), des ondulations qui se propagent jusqu'à la rétine. Là les ondulations dites lumineuses s'arrêtent, mais elles impressionnent l'organe sensible, peut-être par l'inter-

médiaire d'une réaction chimique. Une excitation physiologique est produite, et est ensuite transmise par l'intermédiaire des voies optiques jusqu'aux centres cérébraux. Ici seulement se produit la sensation visuelle de jaune. Au moment où le cerveau du sujet réagit physiologiquement et psychiquement, il éprouve cette sensation de vision de jaune et l'on dit alors qu'il voit la flamme jaune.

Quel est donc l'objet qui est vu ? ou, ce qui revient au même, quel est l'objet de cette sensation ? Est-ce le jaune formel ? Nullement. Ce qui est vu, c'est la flamme : c'est elle qui est le terme atteint par la sensation visuelle. On appelle, en effet, voir une flamme jaune, réagir par une sensation de vision de jaune à l'action d'une flamme capable de déterminer cette sensation. Une flamme est dite jaune lorsqu'agissant sur un organe visuel elle cause une sensation de jaune.

On voit par cet exemple comment cette sensation visuelle peut être dite d'abord transformante ou interprétante. Le jaune formel, qui est une modalité de la sensation sous laquelle apparaît la propriété réelle de l'objet, n'a aucune ressemblance avec cette propriété qui est peut être un état vibratoire. Quand je dis donc que la flamme est jaune, j'attribue bien à la flamme une propriété qu'elle possède. Mais je n'ai pas l'intention d'affirmer que le jaune est dans la flamme formellement, c'est-à-dire d'une manière semblable à cette modalité subjective qui est le jaune formel.

On comprend aussi pourquoi la sensation visuelle est cependant très réellement une connaissance immédiate. Son objet n'est nullement une sensation, ni une modalité de sensation ; le jaune formel n'est pas regardé, il est éprouvé, ce qui est tout différent. Il n'y a donc pas connaissance d'un état subjectif, puis interprétation par l'intelligence de cet état et recherche de la cause qui l'a produit. Mais la connaissance directe, immé-

diate, est elle-même transformante. La réaction psychique, qui est la sensation externe, a pour objet la propriété réelle de l'objet qui l'a causée. Il faut donc dissocier deux choses que les adversaires du réalisme mitigé s'obstinent à confondre : l'objet de la connaissance visuelle et la couleur formelle. Admettons que la qualité formelle soit l'objet de la connaissance, il est bien évident que si cette qualité est quelque chose de subjectif, la connaissance interprétative sera nécessairement médiate. Mais toute la question est là précisément. Demander si les couleurs formelles sont l'objet de la connaissance visuelle, ou si les couleurs sont dans les objets extérieurs comme nous les percevons, c'est poser deux fois la même question en des termes différents. Répondre donc que les couleurs sont dans les objets extérieurs comme nous les y percevons, *parce que* les couleurs formelles sont l'objet de la vision, c'est faire une simple pétition de principe.

Le P. Palmieri avait depuis longtemps insisté sur ces distinctions indispensables ; mais il n'avait été, semble-t-il, que bien médiocrement compris. Plus récemment le P. Gründer vient de reprendre les mêmes idées. Peut-être son exposé assez détaillé et parfaitement clair parviendra-t-il à dissiper les confusions vraiment fâcheuses sur lesquelles repose une bonne partie des objections des réalistes absolus.

A la question ainsi posée : *Quid corporis actu sensationis immediate percipitur ?* cet auteur répond : « Actu sensationis immediate cognoscitur corpus coloratum in concreto, i. e. corpus, prout se visui manifestat. Hoc autem nil aliud est nisi extensum, prout est immutativum visus. Duo ergo sensu visus cognoscuntur, sc. extensum et coloratum, at diverso modo. Primum sc. extensum cognoscitur per modum assimila-

tionis, secundum sc. color (fundamentalis) (1) non cognoscitur per modum assimilationis ; primum est objectum materiale visus, alterum formale. Per objectum formale sensationis intelligo id, quod movet facultatem sensitivam ad agendum, et ratione cujus cetera in corpore cognoscuntur. Per objectum materiale sensationis intelligo id quod non ratione sui sed ratione alterius sensitive cognoscitur. His praemissis dico : Extensum est objectum materiale visionis, color autem fundamentalis est objectum formale. Extensum enim non ratione sui, sed ratione coloris (fundamentalis) cognoscitur ; color autem fundamentalis est id, quod movet sensum visus ad agendum et ratione cujus extensum cognoscitur. Utrumque autem immediate cognoscitur quia cognoscuntur sine ullo ratiocinio et sine ulla reflexione (explicita), sed in verbo mentis sc. in colore formali (23, n. 126) (1). »

Quand on affirme que le terme de la sensation externe n'est pas une modification subjective, on ne veut pas

(1) Le P. Gründer explique bien comment sa terminologie se rattache à celle des scolastiques et en quoi elle en diffère. « Concedendum tamen est, quod termini objectum formale et materiale paulo aliam significationem in nostra explicatione habent atque illam, quae apud veteres Scholasticos erat in usu. Sane etiam veteres Scholastici admittebant quod positive exprimitur nostris definitionibus, sc. quod objectum formale est id quod movet facultatem sensitivam ad agendum, et ratione cujus cetera in corpore cognoscuntur, et quod objectum materiale non ratione sui, sed ratione alterius attingitur. At ulterius requirebant, ut objectum formale ita moveat facultatem sensitivam ad agendum, ut sensum sibi assimilet ut causae formali extrinsecae, sicut sigillum sibi assimilat ceram : et hinc praecise denominabatur objectum formale i. e. se habens per modum formae extrinsecae (23. n. 127). »

(1) On pourrait évidemment employer une autre terminologie que celle du P. Gründer et appeler, par exemple, couleur *formelle* ou *réelle* la propriété des corps ou des radiations colorées, et dans ce cas la couleur formelle serait encore l'objet formel de la sensation visuelle, même dans la théorie interprétationniste. Mais cette manière de parler aurait aussi ses inconvénients et peut-être vaut-il mieux laisser aux mots *couleur formelle* le sens qu'ils ont toujours eu. En faisant autrement, on pourrait laisser croire que l'on solutionne par une simple distinction verbale une question vraiment difficile.

L'important est de rester toujours fidèle à employer les mots dans le sens exact qu'on leur a attribué.

nier par là que la sensation externe elle-même puisse être connue par réflexion. Mais ce second acte, cette attention du sujet à sa modification subjective ne constitue pas à proprement parler la sensation, elle la présuppose.

Mais alors, demandera-t-on, dans quel sens la sensation externe sera-t-elle un phénomène psychique, un fait de *conscience ?*

Il me semble que pour répondre à cette question il faut distinguer avec le P. Pesch, par exemple, et la majorité des néo-scolastiques deux sortes de consciences :

1° La conscience proprement dite ou *réflexe*, celle dont je viens de parler en dernier lieu et qui a pour fonction d'appréhender *par des actes distincts* les modifications psychiques du sujet ;

2° La conscience improprement dite, appelée encore *directe* ou *concomitante*, qui n'est pas autre chose que cette propriété commune à tous les actes psychiques de se faire connaître activement eux-mêmes au sujet qui les éprouve. Une sensation est une réaction psychique ; elle est donc au moins à quelque degré accompagnée d'une conscience directe, ou plutôt identique à cette conscience même. La sensation est la connaissance d'un objet et l'acte conscient d'un sujet. C'est la même réalité qui, par une de ses faces pour ainsi dire, est connaissance de l'objet et, par l'autre, connaissance *pour un sujet*. Très exactement la sensation externe est comme la saisie consciente d'un objet qui lui est extérieur (1).

(1) En raison de l'importance de cette notion, pour l'intelligence de l'interprétationnisme, je citerai quelques passages de la Logique du P. Pesch, d'où il ressort qu'il ne s'agit pas ici d'une nouveauté : *Concomitans* (conscientia) *sive prima ea est, qua subjectum, quum rem sibi objectam percipit,*

Cette appréhension ne se fait pas sans que le sujet mette pour ainsi dire sa marque spécifique sur l'objet qu'il appréhende. Certaines sensations externes, celles précisément qui correspondent aux qualités secondaires sont transformantes ou interprétatives. Non pas, encore une fois, que la sensation fabrique un texte, qu'un acte de connaissance devrait appréhender, mais la sensation externe, en sentant, transforme (1).

Mais, dira-t-on, elle n'est plus une connaissance ! Une connaissance doit nécessairement connaître son objet tel qu'il est, sans quoi nous abusons des mots et nous ne savons plus ce que nous disons...

Reconnaissons-le simplement, les faits qui imposent, à mon avis, le système interprétationniste, pourraient bien demander que l'on change un peu certaines idées sur la connaissance sensible, et donc, par voie de conséquence, sur la connaissance en général. Mais, comme j'espère le montrer en proposant la réponse à quelques objections plus graves des réalistes absolus,

secundario sive concomitanter et in actu exercito percipit experiturque perceptionem suam et seipsum, neque tamen ad res subjectivas directe advertit animum... Itaque conscientia concomitans est elementum essentiale cujuslibet ordinis cognoscitivi... Et sicut de essentia cognitionis est, ut quum a facultate elicitur, rem manifestet cognoscenti, ita de ejus essentia est, ut etiam ipsa sese secundario et in obliquo manifestet cognoscenti : in qua manifestatione experimentali conscientia illa continetur. Unde consequens est, ut conscientia illa, si spectetur ut facultas, non sit facultas ab aliis distincta, sed sit omnium facultatum ordinis cognoscitivi proprietas essentialis (**45**, n. 660). — Suarez exprimait déjà dans son *de Anima*, L. 3, c. XI, n. 1, la même idée : *Actus cognoscendi dupliciter potest cognosci, uno modo proprie tanquam objectum alterius actus, cognoscendo videlicet ipsam cognitionem. Alio modo minus proprie dici potest cognosci actus quasi in actu exercito, non per alium actum sed per ipsummet. Nam quia visio, verbi gratia, est vitalis actio cognoscitiva, ideo per illam formaliter in actu exercito videmus nos videre, non autem, quia reflexionem facimus, sed virtualem quasi dum actu videmus, experiendo nos videre.*

(1) Le P. Gründer se prononce nettement pour le caractère immédiat de toute sensation externe même quand cette sensation est interprétante.

les changements proposés n'ont rien de bien inquiétant et ils peuvent parfaitement être mis en accord avec les principes fondamentaux de la philosophie traditionnelle Aristotélico-Thomiste, pourvu que ceux-ci ne soient point entendus d'une façon trop étroite.

c. *Objections contre le réalisme mitigé et essais de solutions*

1re Objection. L'évidence de sens commun

Au fond de presque tous les arguments du réalisme absolu, il y a un appel à l'évidence de sens commun. N'est-il pas clair par exemple pour tout homme qui connaît le rouge, le vert, le bleu, que ces couleurs appartiennent telles qu'il les connaît au coquelicot, aux feuilles des arbres, au bleuet ? Essayez de détromper sur ce point un paysan, il se moquera de vous et vous plaindra d'être adonné à des études qui pervertissent à ce point le bon sens.

L'argument peut être plus ou moins savamment présenté : il revient à la constatation de l'inclination que nous ressentons à attribuer aux objets extérieurs des couleurs formellement objectives.

Réponse. — *a*) On pourrait faire d'abord remarquer que les réalistes absolus modernes, plus critiques que leurs devanciers, sont assez mal venus à insister sur cet appel au sens commun. Il se retournerait directement contre eux. Que disent-ils en effet ? Que les couleurs sont dans les objets extérieurs formellement, que le rouge formel, par exemple, est dans le coquelicot ? Point du tout ! Ils n'en sont plus là. D'après eux le rouge formel est dans le milieu, dans les radiations.

Quelques-uns vont même jusqu'à concéder que le rouge est peut-être fabriqué par l'organisme, mais qu'il est du moins en dehors de l'organe qui le voit.

Si le sens commun était invité à trancher le débat, il donnerait tort aussi bien à ces réalistes absolus critiques qu'à leurs adversaires et il maintiendrait *mordicus* que ce qu'il sait positivement, c'est que les couleurs appartiennent *telles quelles* aux objets eux-mêmes.

Mais, dira-t-on, il suffit d'une expérience de physique élementaire, ou de la simple attention à des faits d'observation vulgaire pour corriger ce jugement du sens commun. Que l'on se rappelle, par exemple, les couleurs différentes que présente un même élément de la surface d'une bulle de savon à deux observateurs placés différemment. D'accord. Mais qu'il soit permis aussi, par de très simples expériences de physiologie, de corriger jusqu'au bout l'erreur du vulgaire et de montrer que les couleurs formelles ne sont ni dans les objets extérieurs, ni dans le milieu, mais dans le sujet connaissant, et qu'elles résultent d'une réaction psycho-physiologique.

b) Beaucoup de réalistes absolus font d'assez larges concessions à la thèse du réalisme mitigé, lorsqu'il s'agit de plusieurs sensibles propres, tels que les odeurs, les saveurs et même les sons. Ils accordent que les sensations correspondant à ces propriétés ne nous les font pas connaître telles qu'elles sont ; mais pour les couleurs ils sont intraitables. Ce serait mal raisonner que de conclure immédiatement de la subjectivité des odeurs formelles, par exemple, à celles des couleurs. Chaque sens demande à être étudié en lui-même. Mais on serait peut-être moins affirmatif sur l'existence des couleurs formelles dans les objets extérieurs si, au lieu de se contenter de réfléchir sur les seules données du sens commun, on consentait à prendre un peu en

considération les raisons scientifiques qui ont amené beaucoup de philosophes à dépasser sur ce point le réalisme vulgaire.

M. le Comte Domet de Vorges écrivait il y a déjà longtemps au sujet de cette même question : « L'argument du sens commun nous paraît assez faible. Le sens commun a déjà été convaincu de bien des méprises. Il n'est qu'une première et vague indication de ce qui est vrai : cette indication a besoin d'être précisée ; la science a certainement le droit de réformer ses données par une expérimentation plus exacte. On n'y peut mettre qu'une condition : c'est que la science limite le sens commun de manière à se faire en définitive accepter par lui (**11**, p. 229). »

Espérons que les nombreux philosophes néo-scolastiques partisans du réalisme mitigé finiront par décider le sens commun « à prendre son parti » d'une théorie à laquelle il a certainement commencé par faire assez mauvais accueil.

2me Objection Le péril d'idéalisme

Si l'aboutissant logique du réalisme mitigé était l'idéalisme, on aurait infiniment raison de s'opposer de toutes ses forces à une erreur aussi pernicieuse. J'ai déjà dit que telle était l'intime conviction de presque tous les réalistes absolus (1). Plusieurs même ne tiennent si fortement à leur thèse que pour cette raison.

D'où viendrait donc ce redoutable péril ? De ce que, répondent-ils, la différence établie par le réalisme mitigé

(1) Il convient cependant de rappeler qu'un certain nombre de philosophes néo-scolastiques, fidèles au réalisme absolu, reconnaissent que le réalisme mitigé ne conduit pas logiquement à l'idéalisme. Telle est l'opinion de Schmid (**49**, t. I, p. 133, t. II, pp. 144-152), Haan (**25**, p. 52), Frick (**17**, p. 204), Seewis (**50**), etc. — Le P. Geny qui persiste, dit-il (**19**, p. 532) à croire très réel ce danger d'idéalisme, constate « qu'à beaucoup de philosophes il n'apparaît pas ».

entre les qualités primaires et secondaires est toute gratuite. Si l'on rejette l'existence formelle de ces dernières en dehors de nous, pourquoi ne pas rejeter ou du moins mettre en doute l'existence formelle de l'étendue hors du sujet sentant ?

L'histoire de l'idéalisme vient confirmer cette déduction. N'est-il pas évident que l'on a commencé par admettre la subjectivité des qualités secondaires ? On est allé de là à l'idéalisme spiritualiste, pour aboutir ensuite soit à l'agnosticisme, soit à l'idéalisme transcendantal et critique, soit au phénoménisme de l'empirio-criticisme. De Descartes et de Locke à Berkeley, de Berkeley à Hume, de Hume à Kant, de Kant à Mach ou Avenarius. Une fois entré dans le maudit engrenage, impossible de s'en dégager. L'erreur est au point de départ. On a eu tort de concéder la subjectivité des qualités secondaires. Ce ne sont pas les idéalistes qui sont illogiques, ce sont les réalistes modérés avec leur tactique de se tenir à mi-côte et de louvoyer entre un franc réalisme et un idéalisme intégral.

On trouve d'ailleurs cet argument clairement exprimé par les idéalistes contemporains. Voici un texte significatif de Paulsen : « Nous avons aussi peu de raisons de considérer l'étendue comme une détermination ou une propriété objective des choses elles-mêmes que pour la couleur ou le goût. Ainsi s'évanouit l'existence des corps eux-mêmes. Un corps, devrions-nous dire, d'après cela, est une construction subjective, qui est produite par notre intelligence à l'occasion de je ne sais quelles excitations. Nous n'avons du moins aucun motif d'affirmer qu'en dehors de notre représentation il existe quelque chose qui soit semblable à notre représentation de corps. Étendue, solidité, mouvement doivent être considérés aussi bien que les bruits, les saveurs et les couleurs comme de purs symboles d'une réalité transcendante (**44** p. 374). » Aux corps n'appartient

qu'une existence relative, dit ailleurs le même auteur. (**44** p. 398).

Réponse. — *a)* Au risque de fatiguer le lecteur, je devrais reproduire ici la première des réponses faites à l'argument de sens commun. Le réalisme absolu critique a abandonné la théorie ancienne admettant que les couleurs étaient formellement dans les choses. Pourquoi n'a-t-il pas logiquement abandonné l'existence formelle de l'extension dans ces mêmes corps extérieurs ? Sans doute parce qu'il n'avait pour le faire aucun motif. C'est exactement ce que répondent les partisans du réalisme mitigé.

En agissant ainsi, loin d'être illogiques ils me semblent raisonner parfaitement juste. Voici leur manière de procéder.

Nous sommes en possession, disent-ils, de deux évidences aussi inéluctables l'une que l'autre. D'une part, il nous est évident que le monde extérieur existe et aucune réflexion philosophique ne peut ébranler cette persuasion. De l'autre, il est clair que les qualités secondaires ne sont pas dans les choses telles que nous les y percevons. Nous en concluons en toute rigueur que la perception des qualités secondaires ne doit pas se faire de la même manière que celle des qualités primaires. Où est le manque de logique ? — Mais vous vous donnez, remarquera-t-on, que le monde extérieur existe et c'est cela qui est en question ! — Nous nous donnons en effet l'existence du monde extérieur ; mais nous nions absolument que la question porte sur la vérité de cette existence, elle porte exclusivement sur la manière dont nous connaissons cette existence.

Le P. Geny voit là un cercle vicieux : « Nous ne sommes pas idéalistes parce que nous gardons la quantité et nous gardons la quantité parce qu'il le faut bien pour n'être pas idéaliste » (**19**, p. 532). — Nullement.

Nous ne sommes pas idéalistes parce que nous avons l'évidence immédiate absolue de l'existence du monde extérieur, ou, ce qui revient au même, de l'existence en dehors de nous de corps formellement étendus. On présuppose dans l'objection qu'il ne peut y avoir aucune différence dans la manière de percevoir l'étendue et les sensibles propres. Toute la question est là (1).

b) Peut-on, outre cette réponse indirecte, en proposer une autre directe et assigner psychologiquement la cause de la différence entre notre manière de percevoir les qualités primaires d'une part, les qualités secondaires de l'autre? Je n'en suis pas certain. Il me semble qu'il y a cependant au moins une indication de solution possible dans la remarque suivante :

Le sujet connaissant qui s'appréhende lui-même d'une manière concrète, dans l'intuition sensible, se connaît immédiatement comme étendu. L'intelligence peut ainsi savoir, sans qu'il y ait aucune élaboration de l'objet à connaître, et ce que c'est que l'étendue et l'existence du sujet étendu. Il en va tout autrement dans le cas de la perception des qualités secondaires. Elles ne sont jamais connues en somme que par leur action et non dans leur être absolu. Cette raison ne valût-elle rien, on peut se passer d'elle, et en chercher une meilleure.

(1) On pourrait, par un raisonnement analogue, montrer que quiconque admet n'importe quelle certitude ne le fait que grâce à un cercle vicieux. On admet ce qui est évident parce qu'on n'est pas sceptique, et l'on n'est pas sceptique parce que l'on admet ce qui est évident.

Si quelqu'un pensait qu'il est nécessaire de *démontrer* rigoureusement l'existence du monde extérieur pour être sûr qu'il existe, j'aurais le regret de ne pas partager son sentiment. Mais cette démonstration serait possible si l'on admettait la réalité de son propre corps ainsi que je l'ai dit plus haut. Il ne faut pas oublier, d'ailleurs, que l'idéalisme conséquent se garde bien de concéder l'existence objective du corps du sujet connaissant. — On ne réfute pas plus l'idéalisme solipsiste que le scepticisme. Il n'est pas plus vrai pour cela. Beaucoup de positions *inexpugnables* sont, on le sait, radicalement fausses. Il existe des évidences objectives irréductibles les unes aux autres. Tout l'effort de la philosophie est de montrer leur cohérence.

3me Objection. Péril de subjectivisme

Admettre que la connaissance des qualités secondaires est médiate conduit logiquement à soutenir que celle des qualités primaires l'est aussi. Mais, d'après l'interprétationnisme, les qualités secondaires sont nécessairement connues d'une manière médiate. Le réalisme mitigé conduit donc logiquement au subjectivisme complet.

Le P. Geny reprenait récemment cette objection : « Si quelqu'un prétendait qu'une interprétation n'enlève pas nécessairement à la perception son caractère immédiat, j'aurais le regret de ne pouvoir discuter une thèse que j'avoue ne pas comprendre : qui dit interprétation ou « version » dit fabrication d'un texte à la place d'un autre ; le texte fabriqué est évidemment connu ; l'autre l'est dans l'interprétation consciente, il ne l'est pas ici » (**20**, p. 162).

Réponse. — Après l'exposé précédent, on prévoit quelle solution appelle cette objection. Accordons la première des prémisses et concédons, ce que plusieurs ne feraient peut-être pas, que si la connaissance des qualités secondaires est médiate il s'ensuit que celle des qualités primaires l'est aussi. La seconde prémisse doit être niée. La connaissance des qualités secondaires est immédiate. — Pourquoi ? — Parce qu'entre la connaissance et l'objet connu, mettons la couleur ou le son objectif extérieur, il n'y a aucun *medium quod* connu. J'ai déjà dit plus haut que ce n'est pas le son formel qui est entendu, ni la couleur formelle qui est vue. Ce qui est vu c'est l'objet coloré, ce qui est entendu c'est l'objet sonore (1).

(1) On fausse donc complètement la théorie interprétationniste, si on la présente autrement. Je ne saurais trop insister sur ce point, qui, en l'espèce,

Dans la comparaison tirée de la traduction d'un texte, on suppose que la connaissance atteint seulement le résultat de la traduction. Il n'en est pas ainsi : la sensation traduit et connaît en traduisant. Le sens de l'ouïe connaît donc les vibrations extérieures, mais de la façon dont l'ouïe peut connaître des vibrations, c'est-à-dire en réagissant par une sensation auditive.

Tout ce que l'on peut concéder, c'est que l'objet extérieur est connu immédiatement dans et par une sensation qui serait ce que les scolastiques appellent un *medium in quo*. On sait que l'école thomiste soutient que la connaissance intellectuelle admet un intermédiaire de cette nature, le verbe, *dans lequel* l'objet est connu. Le P. Fröbes et le P. Gründer proposent d'étendre cette manière de concevoir la connaissance à la perception des qualités sensibles. Il y a peut-être à cela quelques avantages ; mais il faut avoir toujours bien soin de distinguer alors le *medium in quo* d'un *medium quod* connu avant l'objet (1).

4me Objection. Péril d'apriorisme Kantien

Concéder, même pour un seul cas, qu'il puisse y avoir connaissance lorsque la faculté construit ou fabrique

est fondamental. Je souscris pleinement à l'affirmation du P. Gründer lorsqu'il écrit : « Cum dicimus : sensibilia propria existunt a parte rei fundamentaliter tantum, formaliter autem in ipso actu sensationis, sensus hujus asserti non est : a parte rei exsistit tantum causa cognitionis sensitivae, ejus autem objectum formale exsistit in actu sensationis. Nil hujusmodi docemus. Certe fuerunt et sunt quidam ex scientiarum peritis, qui minus accurate vel etiam omnino perverse de hac materia loquuntur. At jam pluries notavimus nostrae mentis non esse defendere omnes modos loquendi, qui apud scientiarum peritos in usu sunt. Hinc non negamus exsistere a parte rei objectum formale cognitionis sensitivae, sed hoc unum negamus : objectum formale cognitionis sensitivae exsistere a parte rei eo modo, quo sensibus percipitur ; vel aliter : negamus corpora ipsa esse antecedenter ad visionem eo modo colorata, quo exhibentur sensu visus (**23**, p. 91). »

(1) « Cognitio sensitiva, écrit le P. Gründer, est simpliciter immediata, in quantum nullum intercedit « medium quod » ; at est secundum quid mediata,

son objet, n'est-ce pas admettre une conception de la connaissance « très voisine de celle de Kant », demande le P. Geny (**19**, p. 532). « Peu importe qu'elle (la faculté) en ait reçu la matière (de son objet), il suffit qu'elle *transforme*, qu'elle *interprète* cette matière au point de la voir autre qu'elle n'est (il ne s'agit pas d'une connaissance simplement inadéquate, n'atteignant pas l'objet *totaliter*, mais atteignant l'objet *sous une modalité qu'il n'a pas*)... De là aux formes a priori il n'y a peut-être pas loin. »

Réponse. — Je reconnais sans peine que cette objection est particulièrement grave ; elle ne peut pas être écartée par une simple fin de non-recevoir. Au premier grief allégué, on peut opposer qu'à proprement parler, le sens ne construit pas, ne fabrique pas son objet, parce que son objet formel n'est pas la qualité formelle.

Mais est-il vrai du moins que le sens connaisse son objet sous une modalité que cet objet n'a pas ? Je demanderais à distinguer. Cet objet n'a pas cette modalité sous laquelle il se révèle à nous, d'accord ; il n'a pas une propriété capable de déterminer telle modalité de sensation subjective, je le nie. Il est vrai que cet objet est vert ; mais qu'est-ce que d'être vert en soi ? Je l'ignore.

Ne doit-on pas craindre du moins que cette manière de comprendre la nature de certaines connaissances sensibles n'amène à douter de la valeur strictement objective de la connaissance intellectuelle ? Si un sens déforme son objet ou du moins le *transforme*, qui nous garantit que la *notion d'être* elle-même n'est pas défor-

in quantum corpora non cognoscuntur nisi mediante verbo mentis (il faudrait dire verbo sensus, pour qu'il ne puisse pas y avoir de confusion) in quo sine ullo ratiocinio et sine ulla reflexione (explicita) relucent. Cognoscuntur ergo qualitates sensibiles, non prout sunt in se, sed prout sensus afficiunt. Porro terminus ille mentalis (sensitivus), in quo cognoscuntur objecta materialia, est color formalis, similiter sonus, calor, dulcedo, odor, etc. formalis. » (**23**, p. 16).

mée par notre intellect, de telle sorte que lorsque nous affirmons qu'une chose est, nous ne sachions pas ce que c'est que d'être en soi ; mais seulement ce que c'est d'être par rapport à nous?

Cette nouvelle forme de la difficulté montre clairement où doit être cherchée la solution. On confond connaissance intellectuelle et connaissance sensible et l'on présuppose comme acquis que le mot connaissance doit s'appliquer dans les deux cas dans un sens univoque.

Or c'est ce qui est précisément en question. On cherche en effet à savoir dans quelle mesure nos sens nous renseignent sur le monde extérieur, jusqu'à quel point ils l'atteignent *tel qu'il est*.

Il n'est pas évident du tout que la connaissance sensible soit à mettre sur le même pied que la connaissance intellectuelle, quand il s'agit de son objectivité.

Je concède volontiers que si dans la connaissance intellectuelle il y avait une transformation de l'objet semblable à celle qui a lieu dans certaines connaissances sensibles, nous ne saurions pas ce qu'est l'être en lui-même, mais seulement ce qu'il est par rapport à nous. Le relativisme serait donc à la base de toute connaissance. Mais il n'y a aucune raison de le craindre.

Non seulement l'intelligence connaît l'être, mais elle sait ce que c'est que « d'être en soi » et il lui suffit de réfléchir sur ses connaissances pour se rendre compte de leur parfaite objectivité. Rien de semblable dans la connaissance sensible, qui est incapable de se critiquer et de se vérifier elle-même.

En contestant la parité que l'on voudrait établir entre la connaissance sensible et la connaissance intellectuelle, je ne nie pas du tout l'objectivité de la première, mais je dis qu'elle est *autre* que l'objectivité de la seconde.

Sentir, c'est expérimenter, éprouver quelque chose, ce n'est pas savoir à proprement parler « ce qu'est

cette chose ». L'intelligence seule atteint l'être des objets. La connaissance sensible est vraie en tant qu'elle permet à l'intelligence d'énoncer des jugements vrais. Or, même avec la théorie interprétationniste, les sens mettent l'intelligence en état de juger exactement du monde extérieur. C'est grâce à ma sensation visuelle que je puis dire qu'un corps est blanc et qu'un autre est rouge ; ces jugements sont vrais sans que je sache par le seul sens de la vue « ce qu'est le rouge ou le blanc en lui-même ».

Rien ne paraît donc plus justifié que la remarque du P. Gründer qui résume ainsi la raison dernière des divergences de vues entre réalistes absolus et réalistes mitigés :

« Radix ergo omnium difficultatum, quae ab adversariis urgentur, est tandem aliquando haec, quod definitionem cognitionis univoce applicare volunt tum ad cognitionem intellectualem tum ad sensitivam, cum facta postulent, ut analoge applicetur definitio. (**23**, p. 93). »

5me Objection.

Abandon de la théorie de l'assimilation cognoscitive.

Parlant des différences qui séparent le réalisme mitigé du réalisme absolu, M. Domet de Vorges dit avec raison que la plus importante consiste en ceci : « Dans la théorie ancienne, l'espèce sensible ou image est exactement conforme à l'objet, tandis que dans la théorie moderne elle ne lui est point semblable (**11**, p. 223). »

Mais abandonner la théorie de la connaissance par assimilation du sujet à l'objet, n'est-ce pas rompre avec la tradition scolastique sur un point capital ?

Le P. Lercher en est convaincu. Il cite le texte de Suarez qui appelle la théorie de l'assimilation cognoscitive « dogma et principium in philosophia et theologia

communi consensu receptum » (De Angelis, lib. 2, c. 3, n. 7) et affirme que tous les principes importants de la critériologie sont reliés de la façon la plus étroite à cette conception (**34**). — Par voie de déduction n'en viendra-t-on pas à contester, comme le font les philosophes contemporains subjectivistes, l'ancienne définition de la vérité : la conformité ou l'adéquation de l'intelligence et de la chose connue ?

Du moins n'est-ce pas une partie notable de la psychologie scolastique qui s'écroule, toute celle qui explique la connaissance par les espèces semblables aux objets qu'elles font connaître ?

Réponse. — Je crois qu'il convient de prendre moins au tragique les innovations du réalisme mitigé.

A la difficulté proposée, M. Domet de Vorges répond d'abord en conciliateur. La nouvelle doctrine « ne détruit pas complètement la similitude de la sensation et de l'objet. Elle lui laisse une similitude de *proportion*, en tant que la sensation répond au nombre, à l'ordre et à l'intensité des impressions » (**11**, p. 223). Cela est exact ; mais, à vrai dire, la similitude de proportion n'est plus la similitude formelle que l'on admettait autrefois. Il semble donc qu'il faille reconnaître franchement que sur ce point on s'écarte de la conception ancienne. Mgr Mercier constate la nécessité dans laquelle on se trouve de le faire : « Cette explication (celle de l'assimilation formelle dans toute connaissance) pouvait paraître suffisante aux Scolastiques ; à leurs yeux, l'espèce sensible était une image réelle, une ressemblance effective des objets sentis. De même que le sceau laisse dans la cire une empreinte fidèle sans y rien laisser de sa constitution métallique, de même, disaient-ils, les objets matériels impriment dans les organes des sens leur *espèce* sans les conditions de la matière, « sensus est receptivus specierum sine mate-

ria ». Mais aujourd'hui le problème s'est singulièrement compliqué. Depuis que l'on connaît de plus près les excitants des sensations, on se demande quelle ressemblance il peut bien y avoir entre celles-ci et celles-là, comme aussi entre les excitants et les objets d'où ils partent (**39**, I, p. 162). »

Ayant constaté qu'il n'y a pour certaines sensations aucune ressemblance formelle, les partisans du réalisme mitigé renoncent donc à la théorie de l'assimilation en tant que théorie absolument générale de toute connaissance. La belle unité du système y perd ; mais qu'importe si l'on serre de plus près la vérité ! On est loin d'ailleurs d'abandonner l'ensemble de la théorie de la connaissance scolastique, et si au lieu de parler d'espèce impresse on se sert du mot *déterminant sensoriel*, on est encore dans la tradition de l'École. Comme le dit fort bien le P. Gründer, il s'agit moins d'abandonner les théories généralement admises par les philosophes scolastiques, que de les adapter aux connaissances nouvelles acquises en Physique et en Physiologie.

La vérité devra encore être définie la conformité de l'intelligence et des choses. Quelle que soit la théorie que l'on adopte au sujet de la nature de certaines connaissances sensibles, il restera toujours vrai que l'esprit possède la vérité quand il juge les choses comme elles sont et c'est tout ce que l'on veut dire par la formule précitée : elle n'est nullement menacée par l'interprétationnisme.

CONCLUSION

Si quelques physiologistes me font l'honneur de me lire, plusieurs seront sans doute surpris qu'il faille encore s'occuper de plaider une cause qui leur semble

gagnée depuis longtemps, certains même trouveront peut-être que je ne vais pas assez loin et que la subjectivité complète de toutes les sensations prétendues externes doit être affirmée sans ambages.

Aux premiers, il me suffira de faire remarquer qu'une vive opposition existe encore chez bon nombre de philosophes néo-scolastiques à l'endroit de tout interprétationnisme.

Aux seconds, je demanderai si des faits bien établis exigent vraiment que l'on adopte un système philosophique d'après lequel l'existence du monde extérieur ne serait pas une donnée immédiate de notre expérience, mais le résultat d'un raisonnement ?

Quoi qu'il en soit, ce travail aurait atteint son but s'il avait montré qu'il y a peut-être un inconvénient assez grave à affirmer que l'abandon du réalisme absolu conduit logiquement au subjectivisme, à l'idéalisme et à l'agnosticisme.

Combien plus prudente nous semble être l'attitude d'un écrivain que l'on considère à bon droit comme un des principaux chefs du mouvement néothomiste : « Il serait puéril, écrit Mgr Mercier dans sa Psychologie, de méconnaître la difficulté grave que soulève, dans l'état actuel de la physique et de la physiologie des sens, la question du caractère qualitatif de nos sensations. Nous sommes à une époque de transition entre une interprétation traditionnelle des faits sensitifs, basée en grande partie sur les résultats d'une expérience vulgaire, et une interprétation nouvelle *dont tout le monde sent le besoin*, qui soit capable d'embrasser dans une synthèse plus compréhensive les résultats récemment acquis à la science, sans cependant contredire les informations naturelles du sens intime ou de la conscience (**39**, p. 163). »

Abandonner sur tel ou tel point la lettre des doc-

trines scolastiques, quand les faits, base de toute philosophie, le demandent, c'est rester fidèle à leur esprit.

ROBERT DE SINÉTY, S. J.

Auteurs Cités (1)

1. De Backer, S. J., 1899, Institutiones metaphysicae specialis, Cosmologia, pp. 102-106.
2. Balmes, 1852, Philosophie fondamentale (traduction Manec), t. I, l. II, ch. 7-10.
3. Balzer, S. J., 1909, Die spezifischen Sinnesqualitäten im Lichte physikalischer Tatsachen, Phil. Jahrb. Fulda. B. 22, 299-344.
4. — 1910, Nochmals zur Frage der spezifischen Sinnesqualitäten, Phil. Jahrb. Fulda B. 23, 110-115.
5. Bäumker, 1908, Ueber die Lockesche Lehre von den primären und sekundären Qualitäten, Phil. Jahrb. Fulda B. 21, 293-313.
6. De Broglie, 1880, Le positivisme et la science expérimentale, t. I, l. 4 ; t. II, l. V.
7. Charles, 1907, Le perceptionisme. Revue de Philosophie, t. 10, 632-640.
8. Coste, 1902, Subjectivité et réalité. Ann. de Phil. Chrét., t. 45, 413-434 ; 565-579 ; 694-707.
9. — 1902, L'idéalisme objectif. Revue du Clergé Français, t. 35, 533-551.
10. Dehove, 1906-1907, Sur la perception extérieure. Revue de Philosophie, t. 9, 430-443 ; 580-595 ; t. 10, 74-90 ; 592-612.
11. Domet de Vorges, 1892, La perception et la psychologie thomiste.
12. Dubosc, 1895, Contribution à l'étude de l'objectivité formelle des couleurs, Ann. de Phil. Chrét., t. 32, 449-468 ; 592-612.
13. Eberle, 1910, Subjektivität oder Objektivität der sekundären Sinnesqualitäten, Natur und Offenbarung B. 56, 513-529 ; 577-599.
14. Ebbinghaus, 1905, Grundzüge der Psychologie, 177-175.
15. Farges Mgr, 1891, L'objectivité de la perception des sens externes et les théories modernes.
16. — 1909, L'union du sujet et de l'objet dans la perception des sens externes. Revue de Philosophie, t. 14, 375-397 ; 533-556.
17. Frick, S. J. Logica, p. 204 ed. 3.
18. Froebes, S. J., 1907, Auf der schiefen Ebene zum Idealismus, Stimmen aus Maria-Laach, B. 73, 153-165 ; 283-299.
19. Geny, S. J., 1909 (Réponse au P. Balzer, 3), Phil. Jahrb. Fulda, B. 22, 531-532. B. 23, 418.
20. — 1911, La nouvelle critériologie, Etudes, t. 126, 147-175.
*21. Geyser, 1908, Lehrbuch der allgemeinen Psychol. (cité d'après Eberle. 13).
22. Goujon, 1902, Quelques réflexions sur le subjectivisme. Revue du Clergé français, t. 32, 198-214 ; t. 34, 762-775 ; t. 35, 93-105.

(1) Les noms des auteurs dont les travaux n'ont pas été consultés directement sont précédés d'un astérisque. Les chiffres qui suivent l'indication de la tomaison se rapportent aux pages, lorsqu'il n'y a pas d'autre signe de référence.

23. Gründer, S. J., 1911, De qualitatibus sensibilibus et in specie de coloribus et sonis.
24. Gutberlet, 1896, Psychologie, 21-34.
25. Haan, S. J., 1898, Philosophia naturalis, 60-68.
*26. Hagemann, Logik und Noetik, p. 140, 141 (Cité d'après Gründer).
27. Hoeffding, 1900, Esquisse d'une psychologie fondée sur l'expérience, 129-156 ; 272-293.
28. Hugon O. P., 1904, Cursus Philosophiae Thomisticae, Logica, 311.
29. Iodl, 1908, Lehrbuch der Psychologie, B. I.
30. Isenkrahe, 1893, Die objectivität und die Sicherheit des Erkennens. Phil. Jahrb. B. VI, p. 129-139.
31. Lahousse, S. J., Praelectiones metaphysicae specialis, Cosmologia, 286-301.
32. Lechalas, 1910, M. Duhem et la théorie physique, Année philosophique, T. 20. 125-158.
33. Lehmen, S. J., 1905, Lehrbuch der Philosophie, Kosmologie, 55-77.
34. Lercher, S. J., 1901, Zur Frage über die Objektivität der sinnlichen Erfahrung, Zeitsch. für Kath. Theol. B. 25, 472-497 ; 678-703.
35. Liberatore, S. J., 1882, Institutiones Philosophicae, Logica, 49.
*36. Linsmeier, S J., 1902, Natur und Off. B. 48, 646-658 (Cité d'après Eberle).
37. Maher, S. J., 1904, Psychology, 159-160.
38. Malapert, 1907, Leçons de Philosophie, Psychologie.
39. Mercier (Mgr), 1905, La psychologie, 75.
40. — 1911, Traité élémentaire de philosophie, Psychologie, 31-39 ; 65.
41. Nagel, 1905, Handbuch der Physiologie des Menschen, B. III, Physiologie der Sinne, 1-16.
42. Nuel, 1898, Article « Choroïde » Dictionn. de Physiol. de Richet, t. III, 730.
43. Palmieri, S. J., 1874, Institutiones philosophicae, Logica-critica, 178-184 ; Cosmologia, 177-179.
44. Paulsen, 1906, Einleitung in die Philosophie, 370-407.
45. Pesch, S. J., 1889, Institutiones logicales, t. II, 647-655.
46. Reinstadler, 1904, Elementa philosophiae scholasticae, vol. I, 378-380.
47. De San, S. J., 1881, Institutiones metaphysicae specialis, Cosmologiae, 255-266.
48. Schiffini, S. J., 1892, Principia philosophica, 221-223.
*49. Schmid, Erkenntnislehre, v. I, 133, II, 144-152 (Cité d'après Gründer, 13).
50. Seewis, S. J., 1881, Della conoscenza sensitiva, 135-141 ; 431-442 ; 507-511.
51. Sortais, 1907, Manuel de philosophie.
52. Stoeckl-Ehrenfried, 1910, Grundzüge der Philosophie, t. I, 101-102.
53. Taine, 1878, De l'intelligence, Livre III, des sensations.
54. Tongiorgi, S. J., Institutiones philosophicae, vol. I, Logica, 500 ; vol. II, Cosmologia, 204-207.
55. Urraburu, S. J., 1896, Institutiones philosophicae, Psychologia, Pars II, 159-164.
56. Van Weddingen, Les bases de l'objectivité de la connaissance dans le domaine de la spontanéité et de la réflexion.
57. Weinmann, 1895, Die Lehre von den spezifischen Energien.
58. Willems, 1906, Institutiones psychologicae, vol. I, 178-189.
59. — 1906, Die Erkenntnislehre des modernen Idealismus, 9-58.
60. Wundt, 1902-1903, Grundzüge der Physiologischen Psychologie, B. I, 440-448 ; B. II, 1-252 ; 623-639.

LA SOCIÉTÉ ANATOMO-CLINIQUE

DE LILLE

Réunir une société savante composée de jeunes gens, au cours de leurs études ou au seuil de la carrière médicale, voilà qui peut paraître au premier abord une conception hardie, au moins originale. Sans doute cette société sera recrutée parmi l'élite, parmi ceux qui donnent la preuve de leur travail personnel et de l'intelligence de leurs efforts. Mais ces jeunes gens sont inexpérimentés, inhabiles aux recherches scientifiques. Leur travail ne sera-t-il pas stérile ; ou même leurs conceptions, subissant l'influence de leur âge, ne risquent-elles pas d'être prématurées et de fausser leur jugement ?

Nous pouvons répondre à la lumière des faits. A certaines conditions, ces réunions sont utiles à l'élève qu'elles encouragent et qu'elles développent, au maître dont elles multiplient la puissance de travail, à la science dont elles forment les artisans. Elles peuvent devenir dans une Faculté de médecine un moyen important d'instruction et d'éducation, et aussi le foyer scientifique rayonnant de l'École.

La Société Anatomo-Clinique de Lille est une société de ce genre. Fondée pour les étudiants de la Faculté catholique de médecine, elle a vécu par eux et fêtait heureusement cette année son 25e anniversaire. Profitant de cette circonstance, la Société scientifique de

Bruxelles veut bien nous inviter à rappeler son histoire. Nous sommes très flattés de cette demande et nous y répondons très volontiers.

LES DÉBUTS DE LA SOCIÉTÉ ANATOMO-CLINIQUE. LES FONDATEURS. LA SOCIÉTÉ DES SCIENCES MÉDICALES

Les bulletins et comptes rendus sont remplis par les observations et les faits cliniques. On peut y retrouver cependant quelques dates intéressantes, et çà et là aussi un écho de l'état d'âme des fondateurs et du but qu'ils poursuivaient.

C'est le 7 décembre 1885 que se tint la première séance de la Société Anatomo-Clinique. Quelques professeurs et élèves de la Faculté catholique de médecine de Lille, encore dans sa première jeunesse, avaient eu la pensée des services qu'une société de jeunes pouvait rendre au développement scientifique de l'Institution. Le petit nombre des fondateurs, en tout une vingtaine, pouvait amener l'hésitation. D'autre part sur quelle base fonder cette société ? — Mais aussi ne fallait-il pas aux jeunes activités, à leur besoin d'initiative, à leur désir de recherches, donner un aliment, ouvrir un champ d'exercices ?

Et dès le début, le Président indiquait le but à poursuivre. Commentant ce mot d'Hippocrate que « tout l'art est dans l'observation », il indiquait la nécessité d'associer l'étude clinique et l'étude anatomique. Le nom de la Société consacre le fait et montre que ses membres en sont pénétrés. Il est important « de former dans vos intelligences le génie de l'observation clinique et du contrôle anatomique, qui jusqu'ici a toujours caractérisé les études médicales en France, et a fait donner à nos maîtres les plus distingués, le nom de cliniciens ».

Mais aussi il faut aller jusqu'à la synthèse des choses, elle qui va des faits aux lois et qui réduit les lois elles-mêmes à l'unité des grands principes généraux. Et dès lors, suivant l'expression de l'éminent Recteur Monseigneur Baunard, apparaîtra « une science dans ce qu'on appelle improprement l'art médical, et à l'empirisme pur succédera une large méthode philosophique avec le fait à la base et l'Idée à la cime ».

Mais il fallait à ces débutants dans la carrière scientifique un guide expérimenté. Ils trouvèrent dans M. le Professeur Duret non seulement ce guide prudent et sûr, mais aussi un entraîneur remarquable, inlassable au travail et que nulle difficulté ne pouvait arrêter.

Ce qu'un jeune travailleur peut produire, ce maître ne l'avait-il pas montré ? A vingt-deux ans, il étudiait, il découvrait la circulation cérébrale, et ses communications (1) avaient attiré sur lui l'attention du monde scientifique. Les travaux qui suivaient et dont nous ne citons (2) que les principaux ne cédaient en rien aux premiers.

Il avait été aussi Vice-Président de la Société Anatomique de Paris. L'éloge de cette société n'est plus à faire. Fondée en 1804 par Laënnec et Dupuytren, réorganisée en 1826 par Cruveilhier, elle reçoit les communications des internes et des élèves des hôpitaux : elle a vu naître et grandir la plupart des savants dont s'honore l'école française. C'est sur ce modèle que la jeune Société Anatomo-Clinique avait l'ambition de se former, comptant sur la direction de M. le Professeur Duret.

(1) Société de Biologie 1872. — Mouvement médical 1873. — Archives de Physiologie 1874.

(2) *Recherches expérimentales sur les traumatismes cérébraux. — Les contre-indications de l'Anesthésie générale. — Les Variétés rares de Hernie inguinale.*

Tous ces titres désignaient ce maître aux suffrages de ses collègues et de ses élèves. Oubliant les multiples charges de son professorat et de sa profession, il voulut bien accepter ces nouvelles fonctions, et il les remplit avec tant de dévouement et de ténacité qu'après vingt-cinq ans on peut vraiment dire que la Société Anatomo-Clinique est son œuvre, et qu'en veillant sur elle il l'a façonnée et marquée de son empreinte.

Parmi les fondateurs et membres honoraires de la jeune société, se trouve M. le Dr Camille Feron-Vrau. La belle figure de ce médecin savant et dévoué, devenu l'un des premiers industriels du pays, a été retracée dans un livre récent de Mgr Baunard. Qu'il nous suffise de rappeler qu'il est l'un des principaux fondateurs de la Faculté catholique de médecine, où dans les multiples services, hôpitaux et hospices, dispensaires, maisons de santé, « tous les cœurs bénissent sa main, toutes les pierres clament son nom ».

Il ne pouvait se désintéresser du modeste et laborieux effort des jeunes gens qu'il aimait et dont il voulait faire des médecins chrétiens et très instruits. Aussi le trouve-t-on à la tête de la jeune Société. Il fonde un prix destiné à encourager les travaux scientifiques les plus marquants, et tous les deux ans les meilleurs membres de la Société s'essayent dans une lutte tout amicale. Les concurrents présentent un mémoire sur un sujet quelconque des sciences médicales. La Société propose deux sujets, mais laisse libres les candidats qui préfèrent suivre dans leurs recherches leurs goûts personnels.

Enfin parmi les membres fondateurs, nous devons citer M. le Professeur Guermonprez. Les nombreuses recherches de ce maître à propos de la chirurgie industrielle, ses communications aux Académies de France

et de Belgique sur ce sujet, montraient quelles espérances il apportait avec lui en entrant dans la Société Anatomo-Clinique, en y amenant ses élèves et les travaux de sa clinique.

Mais dès le début, dans la seconde année de la Société, une grave difficulté se présente. Dans toute faculté, il existe une société médicale où les maîtres et d'anciens élèves mettent en commun le fruit de leurs observations et de leurs recherches : on y admet quelquefois les élèves les plus distingués. A la Faculté catholique de médecine, une *Société des sciences médicales* existait et était très florissante. Fondée en 1878, elle groupait les maîtres Desplats, Eustache, Duret, Redier, Faucon, etc.

Pourquoi fonder une nouvelle réunion pour les étudiants? Il suffisait d'ouvrir un peu plus grandes les portes de la Société des sciences médicales. Posséder deux sociétés savantes dans une Faculté encore jeune, n'était-ce pas disperser les efforts et nuire en somme à l'existence et au bon renom de chacune d'elles ?

La question était importante. Une commission fut nommée, un rapport très étudié fut présenté, une discussion suivit et voici dans quels termes le Président en rendit compte : « L'opinion générale a été que pour les jeunes débutants dans l'art d'exposer les faits, une Société composée de professeurs et de docteurs était difficile à affronter, qu'entre vous l'émulation était plus vive et qu'on y échangeait ses idées avec moins de timidité. Votre rapporteur, fouillant les archives de la Société anatomique, n'a pas craint de citer l'opinion de Cruveilhier. Il faut s'incliner devant une opinion aussi illustre et un nom vénéré de toutes les générations médicales. Il y a lieu d'espérer cependant que plusieurs d'entre vous tiendront à briguer les honneurs de la Société des sciences médicales. »

ORGANISATION DE LA SOCIÉTÉ. SA MÉTHODE DE TRAVAIL

La Société se recrute parmi l'élite des étudiants, parmi les collaborateurs directs des chefs de service, les internes et externes des hôpitaux. Mais le milieu des étudiants est essentiellement mobile. Chaque année les jeunes docteurs quittent la Faculté, de nouveaux venus les remplacent. Il faut un effort continu de recrutement et de formation. Cette petite difficulté est très simplement surmontée grâce à l'intérêt que portent à la Société les chefs de service, grâce à la collaboration active des jeunes docteurs attachés à la Faculté comme chefs de laboratoire, chefs de clinique, etc., qui fréquentent assidûment la Société, enfin et je puis dire surtout grâce au zèle dévoué des secrétaires, constamment choisis dans le corps de l'Internat des hôpitaux. En quittant la Faculté et la Société, les meilleurs membres ont en quelque sorte préparé et formé leurs successeurs.

Pour être admis dans la Société au titre de membre adjoint, il faut avoir fait trois présentations, le plus souvent sous forme d'observation avec présentation de pièces. Après la thèse le membre adjoint devient correspondant. Après un certain nombre de travaux spéciaux, il peut être nommé membre titulaire.

La Société, qui se composait en 1885 de 4 membres honoraires, 6 titulaires, 12 adjoints et 4 correspondants, comprend aujourd'hui 12 membres honoraires, 8 titulaires, 18 adjoints et 110 correspondants.

Les présentations à la Société sont de deux ordres. Les unes sont des *observations* bien prises, intéressantes, accompagnées de quelques commentaires. Les autres sont le résultat d'un travail plus complet. A l'occasion d'un ou souvent de plusieurs faits, une *revue*

d'ensemble est présentée sur une question. Parfois il s'agit de *travaux originaux* sur une question peu étudiée ou controversée. Un grand nombre de thèses ont eu pour point de départ ces mémoires, et nous aurons l'occasion d'y revenir.

Les *réunions* ont lieu environ tous les quinze jours pendant l'année universitaire, ce qui porte leur nombre à 18 ou 20 environ chaque année.

Le *nombre* des observations ou travaux présentés varie de 100 à 120 par an ; ce qui, depuis le début, représente un joli chiffre, et montre que presque toutes les questions ont pu être abordées.

Chaque année paraît un Bulletin formant un volume de 3 à 500 pages illustrées de nombreuses figures dues au crayon artistique des présentateurs ou de leurs condisciples. Depuis 1898, le Bulletin paraît chaque trimestre.

La Société échange son Bulletin avec un certain nombre de sociétés françaises et étrangères.

La plupart des travaux présentés, observations ou mémoires, comprennent trois parties : clinique, anatomique, critique.

La *partie clinique* est en général la plus importante. Il s'agit le plus souvent d'un fait plus rare, présentant quelque particularité intéressante. Le présentateur en recueille une bonne observation, c'est-à-dire une observation claire, précise, méthodique. C'est ici qu'il se montrera clinicien, en indiquant de quelle manière il a conduit l'interrogatoire et l'examen ; et nous savons combien, en ces circonstances, il faut de tact et d'habileté combinés au savoir. Il met en relief les indications thérapeutiques et indique le résultat du traitement suivi.

La seconde partie est *anatomique*. Nous n'avons pas à dire combien les études de laboratoire aident la clinique aujourd'hui. Avec l'observation, le présentateur montre

et décrit les préparations bactériologiques qu'il a obtenues. S'il s'agit d'une intervention chirurgicale, il fait l'analyse histologique de la tumeur, du tissu tuberculeux, mycosique, etc. S'il y a eu lieu à autopsie, il apporte et présente les pièces importantes. « Je pense, écrivait Cl. Bernard, que l'étude attentive des modifications histologiques doit former la base commune de la physiologie générale, de la pathologie et de la thérapeutique. » C'est l'anatomie pathologique qui a permis de classifier, de synthétiser en médecine, de préciser les diagnostics en leur donnant une base. Son étude doit être pour les débutants dans la carrière le fondement des observations cliniques. Aussi occupe-t-elle une place très importante dans les travaux de la Société Anatomo-Clinique.

Enfin il y a une partie *critique*. A propos de son observation, l'élève fait quelques lectures, non pas dans les manuels, mais dans les travaux plus vastes, les cliniques des maîtres, les thèses, etc. Il compare son observation aux autres, et grâce à ce travail, il ajoute quelques observations qui montrent l'intérêt propre, la réelle valeur du fait présenté.

TRIPLE UTILITÉ DE LA SOCIÉTÉ

A des titres divers, la Société a une triple utilité. Elle est utile aux élèves, à leurs maîtres, à la science.

Utile *aux élèves*, elle doit l'être, puisque c'est son premier but. Elle l'est en fait, en développant en eux le goût du travail personnel, et, aussi en leur permettant d'amasser des matériaux pour leur thèse inaugurale.

Livrés à eux-mêmes beaucoup se laisseraient peut-être aller à assister à l'hôpital par routine, et à se borner dans leurs lectures au cadre étroit des examens.

La Société stimule leur ambition, élargit leur champ d'études.

Évidemment, c'est à l'hôpital que l'élève doit apprendre à voir les faits cliniques, à les analyser, à les relater convenablement. C'est là qu'il prend des observations complètes, qu'il cherche toutes les données du problème qu'il faut résoudre. Mais, pour la présentation à la Société, l'élève devra prendre le fait et en extraire tout ce qui peut intéresser le praticien et le savant. Après l'histoire clinique, il étudiera les organismes pathogènes en cause : Il colorera, préparera, verra, non pas « le Bacille tuberculeux », mais les bacilles du patient étudié. Si c'est en chirurgie, ce n'est pas « une coupe de cancer du sein » qui lui sera présentée, mais il devra étudier de près et décrire, après l'examen clinique et le procédé opératoire employé, la pièce macroscopique enlevée, puis indiquer comment les coupes ont été obtenues, enfin les décrire et quelquefois les dessiner.

Voilà véritablement *un travail personnel*, intéressant parce qu'il sort du vague et de l'indéfini pour s'adresser à un fait précis et patent. Et il est certain que les recherches nécessitées par leurs travaux ont développé chez beaucoup l'amour du microscope, le goût des recherches anatomo-pathologiques et bactériologiques.

Mais ce n'est pas tout. L'élève n'a pas seulement à se former : il doit aussi passer des examens. L'extrême diversité des matières de ces examens, et la précision, j'allais dire la spécialisation des questions qui y sont posées, ont rendu populaire l'instruction par les manuels, par les précis. Et nous connaissons pas mal d'étudiants dont la bibliothèque est exclusivement composée d'ouvrages de ce genre. D'autre part, quelques-uns, pressés d'en finir, sont tentés de rester fixés dans l'étroite limite du terrain des examens.

C'est bien dommage pour la formation médicale des

étudiants qui doit être surtout une formation personnelle ; et M. le Professeur Duret a pu comparer les examens à de véritables « crans d'arrêt » placés sur le chemin de l'élève. Pour les membres de la Société Anatomo-Clinique, la nécessité de la partie critique que nous avons signalée, le désir de présenter un petit travail bien complet, un petit chef-d'œuvre dans le sens ancien du mot, font consulter des ouvrages peut-être moins précis, mais combien plus cliniques. Et j'en connais peu qui ayant lu une leçon de Trousseau ne ressentent pas le désir et presque le besoin de lire les autres. La Société contribue donc à élargir l'horizon scientifique des élèves.

Enfin elle permet de recueillir des *matériaux pour les thèses inaugurales*. Dans un beau rapport présenté à l'occasion du 25e anniversaire, M. le Professeur Duret relevait 170 à 180 thèses sorties directement des travaux de la Société Anatomo-Clinique, sans compter les nombreuses thèses qui ont emprunté des documents aux BULLETINS de la Société.

Voici d'ailleurs un relevé du sujet de ces thèses. Anatomie et physiologie 13 ; maladies générales, plaies, méthodes opératoires 30 ; maladies des os 25 ; maladies des articulations 20 ; maladies des muscles et des tendons 6 ; maladies du crâne, du rachis et du système nerveux 10 ; maladies du cou, du thorax 6 ; maladies de la bouche, de l'intestin et de ses annexes, de l'abdomen 30 ; maladies des organes génitaux de la femme 28 ; maladies urinaires et des organes génitaux de l'homme 16.

Bien qu'étant une réunion d'élèves, la Société est d'une certaine utilité pour les maîtres et chefs de service. Surmenés par les multiples occupations du professorat, du service d'hôpital et de la profession, ils ne pourraient recueillir par le détail les observations, les

faits qui se présentent tous les jours à eux. Ils se plaisent dès lors à associer à leurs travaux personnels leurs jeunes élèves, et les encouragent à travailler sous leur direction les cas spéciaux de leur service. Plus tard ces matériaux accumulés, mieux interprétés, serviront à l'édification des travaux magistraux. De telle sorte que chacun aura collaboré à l'œuvre commune, les uns en amassant les matériaux, les autres en les réunissant et en en formant de véritables monuments scientifiques.

Et c'est enfin aux progrès de la *Science* que travaillent les jeunes adhérents de la Société Anatomo-Clinique. On peut rappeler à leur propos les paroles que Cruveilhier appliquait à la Société Anatomique : « Sans doute, vous ne trouverez pas dans notre Société de ces découvertes fondamentales qui préparent ou amènent des changements dans la face des sciences : mais vous y verrez une foule de découvertes de détail, d'aperçus ingénieux, de faits modèles bien dessinés ; et c'est là le but de notre Société, qui est moins appelée à édifier qu'à amasser laborieusement et jour par jour, les matériaux de l'édifice scientifique. »

Beaucoup de ces travaux, réellement remarquables, ont été utilisés au point de vue de la marche progressive de la science médicale : ils sont rappelés et cités dans les ouvrages classiques.

Dans certains chapitres, la lecture des Bulletins est particulièrement intéressante : on y voit l'évolution progressive de la thérapeutique. Et c'est une petite histoire de la médecine et de la chirurgie qui s'y déroule, non une histoire banale, écrite par un fervent des bibliothèques, mais une histoire bien vivante, par les faits bien vus, bien observés, bien décrits.

Il me reste à rappeler très succinctement les principaux de ces travaux, tout en rappelant qu'il n'est

possible de donner qu'une idée d'ensemble forcément incomplète.

APERÇU DES TRAVAUX DE LA SOCIÉTÉ ANATOMO-CLINIQUE (1885-1910)

Bien qu'une nomenclature soit toujours aride et ressemble quelque peu à une table des matières, on m'excusera de présenter sous cette forme quelques titres de mémoires publiés par la Société Anatomo-Clinique. On pourra se rendre compte de l'importance et de la variété des sujets traités.

Anatomie

Sur l'évolution du tube digestif et du péritoine (Rogie).

Sur la fossette intersigmoïde et les fossettes périduodénales (Rogie).

Sur les aponévroses du périnée et du bassin (Rogie et Drappier).

Sur les anomalies de régression du canal vitellin (Franchomme).

Sur les aponévroses du cou (Fayet), l'anatomie du coude (Wintrebert), l'os temporal (Piet).

Sur les vaisseaux de la glande mammaire (Piet).

Sur le faisceau auriculo-ventriculaire de His (Lepoutre).

Série de communications sur divers points d'anomalie d'évolution : études embryologiques (Voituriez).

Sur un cas d'absence de verge et d'urèthre (Lepoutre).

Physiologie

Sur la cryoscopie de la lymphe humaine (D'halluin).

Recherches expérimentales sur l'empoisonnement par le sel d'oseille (D'halluin).

Sur la vie du cœur isolé, la résurrection et le massage du cœur (D'halluin).

Bactériologie et Parasitologie

Communications très remarquables sur les suppurations aseptiques (Lemière).

Mémoire sur la bactériologie des ostéomyélites chroniques (Bosquier).

L'Actinomycose a été particulièrement étudiée dans notre Société. Le premier ouvrage français sur la question est de MM. Guermonprez et Bécue dont les travaux ont été présentés ici.

Les actinomycoses : osseuse (Guermonprez), mammaire (Poitau), pleuropulmonaire (Thirion et Augier), cutanée (Robert), intestinale (Lepoutre) ont été soigneusement étudiées grâce à l'impulsion de MM. les Professeurs Duret et Augier. Dans le Nord, ces faits rares n'ont été présentés que devant notre Société.

Anatomo-pathologie

Elle tient, nous l'avons dit, une place de choix dans nos travaux, et presque toutes les communications cliniques sont suivies d'examens anatomiques circonstanciés. Parmi les travaux spéciaux, nous trouvons :

Plusieurs mémoires sur les tumeurs des trompes de Fallope (Danel).

Lymphosarcomatose osseuse, ganglionnaire et sous-cutanée (Danel).

Étude de la linite plastique (Danel).

Les névromes plexiformes (Delfosse).

Une tumeur du testicule d'origine Wolfienne (D. Augier).

Les tératomes du cou (D. Augier).

Leucoplasie intra-utérine et épithéliomas pavimenteux primitifs du corps utérin (D. Augier).

La macroglossie (D. Augier).

Accouchements

Les nombreuses observations d'accouchements rares ou laborieux qui ont été présentées se prêtent mal à une étude d'ensemble. Citons cependant quelques mémoires importants :

Forceps et céphalotripsie sur la tête dernière (Ballenghien).

De la précocité des mouvements fœtaux (Voituriez).

Étude des Anomalies du Placenta (Bonnet-Laborderie).

Médecine générale

Plusieurs travaux de syphiligraphie, et sur la syphilis cérébrale (Derville).

Sur une syphilis à évolution rapide malgré un traitement rapide, et mort par syphilis cérébrale (Thirion).

Sur l'anévrysme syphilitique du tronc brachio-céphalique (Leroy).

Étude anatomo-pathologique du cœur dans la phtisie chronique (Briquet).

Sur la mort par hémoptysie foudroyante chez les tuberculeux à la 3e période (Besson).

Influence des épanchements pleuraux sur la circulation intra-cardiaque (Besson).

Sur les purpuras infectieux au cours de l'influenza (Lemière et Didier), de la pneumonie (Voituriez-Derveaux).

Sur la staphylococcie (Legland).

Sur la progression et l'expulsion dans le tube digestif des gros calculs biliaires (Leroy).

Sur l'éosinophilie dans les kystes hydatiques du foie (Augier et Choquet).

Diverses communications sur la cytologie pleurale et méningée, sur les méningites à méningocoques (David).

Chirurgie

C'est la chirurgie qui a fourni le plus grand nombre des observations et travaux originaux de la Société. Sous la vive impulsion de M. le professeur Duret, la plupart des cas intéressants du service de clinique chirurgicale ont été présentés, et la vie de ce service est racontée au jour le jour dans les Bulletins de la Société.

Chirurgie générale

Influence de l'érysipèle sur l'épithélioma (Vanneufrille).

Étuves et chirurgie (Guermonprez).

Recherches sur les papillômes des raffineurs de pétrole (Guermonprez et Derville).

Sur l'usage du crin de Florence (Guermonprez).

Le cancer est-il de nature parasitaire (Camelot).

Sur les injections sous-cutanées massives de solutions salines dans les septicémies (Fourmeaux).

Sur le traitement des brûlures graves par les injections massives d'eau salée (Besson).

Tumeurs et traumatismes (D. Augier).

L'atrophie musculaire d'origine traumatique (Piet).

Maladies des os et des articulations

Plusieurs cas très remarquables de conservation dans des fractures ouvertes et comminutives.

Études sur les fractures du carpe (Guermonprez et Daillez), du poignet en sens inverse (Guermonprez, Ladet, Fiévez). des os du tarse (recherches très remarquables de Ballenghien), du protarse (Top). Fêlures et tassements des os (Piet).

Des ostéites typhiques (Voituriez). Des complications osseuses de la variole (Voituriez).

De l'ostéomyélite du calcanéum (Roquet), du pubis (Barbry).

Luxations du radius par élongation (Lefebvre), divergentes du coude (Vannheuwerswyn). de l'astragale (Wintrebert-Lepoutre).

Technique opératoire et résultats éloignés de la résection du genou (D. Augier).

Nerfs et Vaisseaux

Plusieurs opérations de résection du grand sympathique dans le goître exophtalmique (Duret).

Mémoire sur les névromes plexiformes (Delfosse).

Études sur les varices du membre supérieur (Voituriez).

Nombreux cas du Professeur Duret de résection de gros vaisseaux du cou, de ligature de ces mêmes vaisseaux, de résection de varices, d'opérations pour phlébites suppurées.

Un mémoire important sur les lymphagiectassés de la peau et des muqueuses (A. Delobel).

Crâne, Rachis et Moelle

Les Bulletins de notre Société, grâce aux études inspirées par M. le Professeur Duret, renferment des matériaux importants sur les *fractures du crâne*. J'ai pu en retrouver près de quarante observations.

Travail sur les thromboses des sinus de la dure mère (Lancial).

Sur une lamnectomie pour ablation d'une balle de revolver dans le canal rachidien (Loheac).

Maladies de la face et du cou

Cas très remarquables de volumineuses tumeurs de la langue et du cou extirpées avec succès.

Tumeurs du corps thyroïde et goîtres.

Kystes congénitaux du cou, du plancher de la bouche (Legland).

Thorax

Plusieurs cas de thoracoplastie, de décortication pulmonaire (Duret).

Nombreux néoplasmes du sein de nature variée.

Abcès froids thoraciques communiquant avec une cavité pulmonaire (Delfosse-Sablé).

Abdomen et voies digestives

De nombreuses observations de *hernies* avec leurs variétés et leurs complications si diverses.

Plusieurs mémoires sur l'occlusion intestinale, notamment par invagination.

Des cancers des voies biliaires et opérations sur ces organes.

Des kystes hydatiques du foie, de la rate, des kystes du mésentère.

Divers travaux sur l'appendicite, sur la sigmoïdite.

Des abcès sous-phréniques.

Organes urinaires et génitaux de l'homme

Sous l'inspiration de M. Duret, une série de mémoires et de recherches expérimentales sur le rein mobile et la néphropexie.

Un mémoire sur la suture primitive de la vessie après la taille.

Une observation remarquable de guérison d'anurie par calculs de l'uretère (1896).

Des recherches anatomiques sur l'hématocèle paravaginale (Voituriez).

Gynécologie

Toute l'histoire de la chirurgie abdominale et de la chirurgie du petit bassin se retrouve écrite dans nos Bulletins. Nous devons citer particulièrement :

De multiples cas de cancer utérin traités par l'hystérectomie vaginale ou abdominale et présentés dans un important travail de MM. Duret et Besson.

Une étude de fibrômes et cancers simultanés du corps et du col utérins.

Un procédé chirurgical nouveau pour le traitement conservateur dans l'inversion utérine irréductible.

Plusieurs mémoires sur la torsion des kystes de l'ovaire.

Les premières observations d'hystérectomie abdominale pour fibrôme.

Chirurgie des accidents du travail

Un grand nombre d'observations de M. le Professeur Guermonprez et de ses élèves, qui ont servi de base aux importants ouvrages de ce maître.

Citons notamment les plaies par ratissage, les plaies par arrachement, les plaies par usure, les écrasements des membres. Des cas traités par le massage, la mobilisation, la mécanothérapie, des procédés d'autoplastie de la main, de restauration fonctionnelle de la main, etc.

Voituriez, Fiévez présentent des cas de rupture du tendon du biceps.

Piet étudie l'amputation immédiate dans les écrasements des membres.

VERS L'AVENIR

Les anniversaires sont de ces étapes où, après avoir regardé avec satisfaction le chemin parcouru, on envisage avec courage et confiance l'avenir.

M. le Président Duret, à qui tous les membres avaient voulu affirmer leur profonde reconnaissance et leur respectueux attachement, manifesta l'intention de laisser à d'autres le soin de diriger la Société. M. le Professeur Augier (1), doyen de la Faculté de médecine, voulut bien accepter cette nouvelle charge. A la fois professeur de clinique infantile et professeur d'anatomie pathologique, il incarne bien le but de la Société anatomo-clinique. En ses mains elle ne pourrait déchoir.

D'ailleurs ce 25e anniversaire a excité l'ardeur des membres de la Société toujours jeune. Certes, c'est une occasion favorable pour rendre un hommage solennel aux fondateurs et à tous ceux qui ont collaboré à la prospérité du travail commun. Mais aussi, rappeler l'œuvre des anciens, n'est-ce pas le meilleur encouragement pour les plus jeunes, n'est-ce pas les inciter à travailler et à nous apporter leurs travaux ? A défaut des mêmes hommes, ils y trouveront la même ardeur, le même désir de collaborer à l'instruction et à la formation de chacun.

Dr Carlos Lepoutre,
Chef de clinique chirurgicale
Vice-Président de la Société Anatomo-Clinique.

(1) Parmi les travaux nombreux de ce maître, nous citerons seulement les traductions françaises du *Traité de Pathologie interne* de Strümpell, et du *Traité d'Anatomie pathologique* de Ziegler. Ces traductions sont augmentées de nombreuses annotations, pleines d'intérêt dans leur concision et donnant aux éditions françaises une réelle originalité.

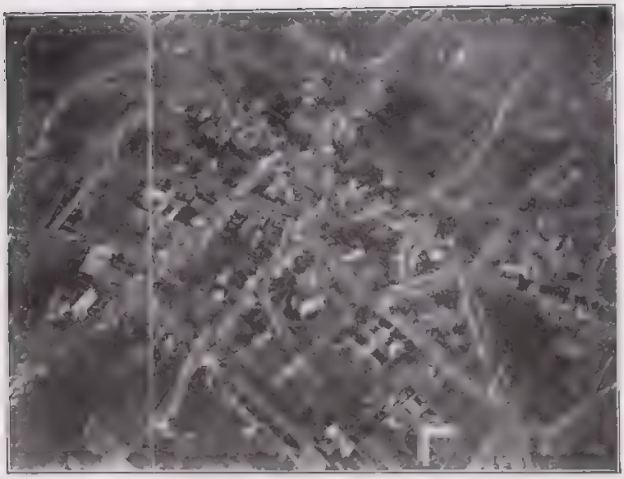


FIG. 1. — *Turnhout*. Vue prise à 400 m. d'altitude (Ph. L. Gérard).

Qui connaît *Turnhout* — ou *Vieux de Pays* — ou *Turkmont* — [illegible] aucune difficulté à les reconnaître d'un coup d'œil sur les excellentes photographies reproduites ci-dessus. Le voyageur qui rencontre un repère bien connu se sent immédiatement

FIG. 2. — *Village de Lier*. Vue prise à 400 m. d'altitude. (Ph. D. Gilbert).

FIG. 3. — *Turkmont*. Vue prise à 300 m. d'altitude (Ph. L. Gérard).

VARIÉTÉS

I

LA TECHNIQUE DE L'ORIENTATION EN AÉROPLANE

L'orientation parfaite du pilote aérien exige la connaissance de trois éléments : 1° le *point* du sol au-dessus duquel il se trouve ; 2° la direction du *Nord* géographique ; 3° l'*angle de route*, c'est-à-dire l'angle du méridien avec la direction suivie.

Leur détermination peut se faire, au cours d'une traversée aérienne, soit à l'estime, comme sur mer, en naviguant à la boussole, soit par des procédés spéciaux d'observations directes. Pour l'entrée au port, c'est-à-dire pour l'atterrissage au but fixé, ces derniers procédés sont seuls utilisables.

La navigation à l'estime est basée sur l'emploi de la boussole. Le pilote doit connaître la déclinaison magnétique locale (dont nous reparlerons plus loin), l'angle de route de la direction à suivre, la vitesse propre de l'aéroplane, la direction et la vitesse du vent ; il déduit de ces éléments l'angle de dérive (angle de l'axe de l'appareil avec la route à suivre), le cap à donner à l'appareil, la distance parcourue en un certain temps et, par suite, la position de l'aéroplane au bout de ce temps. En particulier, le pilote peut calculer le temps nécessaire pour parcourir la distance du point de départ au point d'arrivée et, *ce temps révolu*, il atteindra le but, si aucune erreur n'a été commise dans l'estimation des éléments du pilotage.

Ce procédé de navigation est inapplicable lorsque la vitesse et la direction du vent varient constamment, ce qui est le cas général ; ces variations modifient rapidement les éléments du pilotage, elles sont difficiles à contrôler (sauf en vue de la terre), les erreurs s'accumulent et ont pour effet d'accélérer ou de retar-

der la marche de l'aéroplane et d'écarter celui-ci de la route suivie. Aucune garantie d'arriver au port.

Dans certaines circonstances météorologiques, nous le verrons, la navigation à l'estime est applicable parce que les erreurs sont faibles et qu'elles n'ont d'autre effet que d'écarter légèrement le pilote de sa route sans altérer la distance parcourue pendant le temps calculé ; au bout de ce temps, il se trouvera donc, soit au but, soit sur une droite perpendiculaire à la route et passant par le but, à quelque distance de celui-ci.

Il suffit alors au pilote de connaître une zone de terrain embrassant cette perpendiculaire, pour s'y diriger au moyen des procédés d'orientation que nous allons passer en revue.

L'importance de ces procédés résulte non seulement de ce qu'il faudra les utiliser pour l'atterrissage à la fin d'une traversée, si le pilote a navigué à l'estime, mais encore et surtout de ce que, si la navigation à l'estime est impossible, seul leur emploi continu permettra une navigation économique et sûre. Nous ne pouvons, toutefois, nous étendre sur ce point sans sortir du cadre restreint que nous nous sommes fixé et qui contient uniquement l'examen des procédés spéciaux d'orientation en aéroplane.

L'orientation est moins facile pour l'aviateur que pour l'aéronaute et cela principalement pour deux raisons : d'une part, la vitesse de l'aéroplane est en général plus grande que celle du ballon sphérique ou dirigeable ; d'autre part, le pilote est plus absorbé par la manœuvre de l'aéroplane que par celle du ballon.

Lorsque la présence d'un passager sera la règle à bord de l'aéroplane, c'est au passager qu'incombera la responsabilité de l'orientation et il pourra s'y adonner en toute liberté d'esprit.

Les procédés d'orientation dépendent essentiellement de l'état physique de l'atmosphère ; à ce point de vue, le pilote peut se trouver dans l'une des trois éventualités suivantes : 1° il voit la terre ; 2° il ne voit pas la terre, mais il voit le ciel, soit en plein jour, soit la nuit ; 3° il ne voit ni la terre, ni le ciel. L'obscurité, les nuages ou la brume peuvent lui dérober la vue de la terre ou du ciel isolément ou simultanément.

Dans le premier cas, l'orientation s'obtient en se guidant sur la terre ; dans le deuxième cas, elle pourra résulter de la détermination du point par des procédés astronomiques ; enfin, dans le troisième cas, on espère la réaliser par des observations magnétiques ou par une application nouvelle de la télégraphie sans fil.

Fig. 4. — *Hangar militaire du Camp de Châlons.*
Un signal aérien du système du *Cᵗ Estienne* a été peint sur le toit : le n° 50 est celui du carreau de la carte de France où se trouve Châlons ; le rectangle représente le carreau orienté ; le point noir intérieur indique la localisation de Châlons.

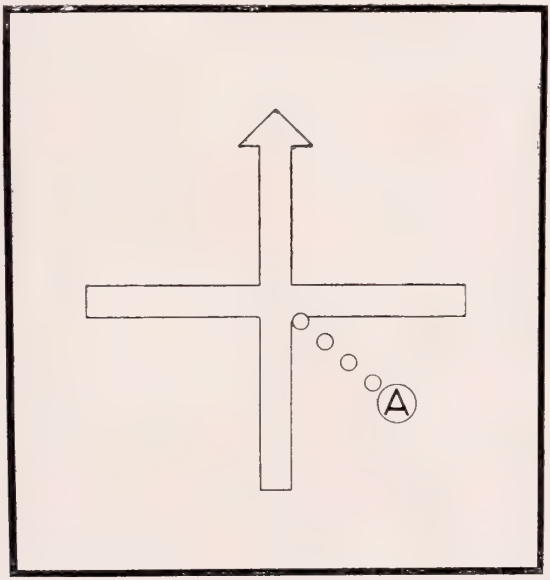


Fig. 5. — *Croix d'Orientation.* Système de *M. Adh. de la Hault.*
La flèche indique la direction du Nord ; vers le Sud-Est, la lettre A renseigne une place d'atterrissage à 5 km., distance indiquée par la distance de la lettre au centre de la croix. D'autres lettres : H, M, R,... placées dans la direction et à une distance convenables signaleraient de même l'existence d'un *hangar*, d'un *marais*, de *ravitaillements*, etc...

C'est aussi dans ce dernier cas que la navigation à l'estime peut être utilisée.

Certains procédés n'ont pas encore fait l'objet d'expériences à bord d'aéroplanes ; sont-ils de ce chef dénués de valeur ? Nous ne le pensons pas ; ils s'appuient sur des résultats acquis en ballon et il est possible de prévoir leur adaptation logique au cas nouveau de l'aéroplane.

Orientation en vue de la terre

Les trois éléments constitutifs de l'orientation se déterminent facilement lorsqu'on peut reporter sur une carte, d'une façon continue, la route suivie par l'aéroplane, et l'on conçoit qu'au point de vue de la navigation cela soit très avantageux. Mais, que l'observateur vienne à perdre la trace de sa route sur la carte, il doit, pour la retrouver, déterminer à nouveau les éléments de l'orientation.

Il est souvent difficile de reconnaître et d'identifier une contrée au-dessus de laquelle on passe ; les aéronautes connaissent cette difficulté et, pourtant, ils se trouvent très à l'aise et au repos dans leur nacelle. Dans la traversée d'un pays connu, où existent des repères caractéristiques, la chose est relativement aisée ; en pays inconnu, surtout si une légère brume brouille les détails de la surface du sol — ce qui est fréquent — la difficulté devient très grande. Elle est telle, en aéroplane, que bien des aviateurs se sont égarés et n'ont pas hésité à atterrir pour se renseigner ; or l'atterrissage en campagne est une opération critique qu'il faut éviter, lorsqu'on le peut, et dans ce but, il faut faciliter l'orientation aux aviateurs en plein vol.

Deux moyens s'offrent à l'esprit : d'une part, perfectionner l'aviateur lui-même : il est indéniable que la pratique du ballon libre est une excellente école d'orientation ; d'autre part, créer une signalisation permettant de reconnaître facilement la région traversée.

Dans ce but, nombre de systèmes de signalisation aérienne ont été proposés depuis peu. Les plus originaux sont ceux de MM. von Frankenberg, Rothgiesser, Quinton, Cottereau, Tallon, Pesce, Blondel la Rougery, Estienne. Tous prévoient la création sur le sol de signaux très apparents composés de lettres, de chiffres, de signes conventionnels, et susceptibles d'être éclairés la nuit.

Le signal donne ou bien le nom de la localité traversée, ou bien une succession de lettres et de chiffres ou un numéro d'ordre interprétable au moyen d'un répertoire, ou bien les coordonnées géographiques locales ; le signal, par son orientation, fournit de plus la direction du Nord.

L'adoption d'une signalisation systématique interprétable au moyen d'un répertoire est très prônée actuellement en France, en vue de supprimer la carte à bord de l'aéroplane. Cela ne paraît pas avantageux : le répertoire ne donnera jamais que le nom de la localité, tandis que la carte donne l'image des positions respectives du point et des grands repères de la contrée ; une erreur de route n'est pas décelée par le répertoire, tandis qu'elle est mise en évidence par la carte.

Il semble donc peu douteux que l'aviateur disposera toujours d'une carte, même réduite à un simple croquis, et que le meilleur système de signalisation sera celui qui permettra de reporter le plus facilement le signal déchiffré sur la carte du bord.

Il ne faut pas se dissimuler toutefois que les meilleurs signaux sont les repères naturels : agglomérations, rivières, canaux, chemins de fer, routes, forêts, dont les lignes caractéristiques s'identifient avec celles de la carte, et cela d'autant plus aisément que celle-ci sera mieux orientée.

L'orientation de la carte peut se faire au moyen de la boussole — qui, elle aussi, quoique très décriée, est indispensable à bord — ou bien par des signaux d'orientation, grandes croix étendant leurs bras vers les points cardinaux (projet de M. Adh. de la Hault).

La carte sera d'autant plus facile à lire qu'elle comportera moins de détails, mais elle est d'autant plus utile qu'elle fournit plus de renseignements ; de ces deux avantages opposés, la lisibilité doit l'emporter : il faut donc sacrifier certaines indications pour ne conserver que les plus importantes. Cela revient à créer une carte aéronautique spéciale. Depuis plusieurs années une commission issue de la Fédération Aéronautique Internationale en a entrepris la publication ; l'échelle de la carte est le $\frac{1}{200\,000}$, échelle assez faible afin de réduire l'étendue et par suite le poids de la carte. En attendant qu'elle soit terminée, les cartes d'État-Major existantes, la plupart au $\frac{1}{80\,000}$ ou au $\frac{1}{100\,000}$, sont extrêmement précieuses pour les aviateurs.

Les bords et les plis des carreaux de la carte constituent des

Fig. 6. — *Tirlemont.* Vue prise à 900 m. d'altitude. (Ph. L. Gérard).

Celui qui ne connaît pas Tirlemont pourrait hésiter à le reconnaître ici : la ressemblance parfaite des lignes caractéristiques de l'agglomération photographiée, avec celles représentant Tirlemont sur la carte, ne permet pas de douter longtemps.

On voit distinctement : le pourtour des anciens remparts ; la gare et la ligne du chemin de fer Bruxelles-Liége ; les deux rues convergeant en arc de cercle vers la Grand'Place ; les routes vers Cumptich, Vissenaeken, Hautem-Ste-Marie, Oplinter, Haekendoven ; la bifurcation des lignes de chemin de fer vers Liége et Diest.

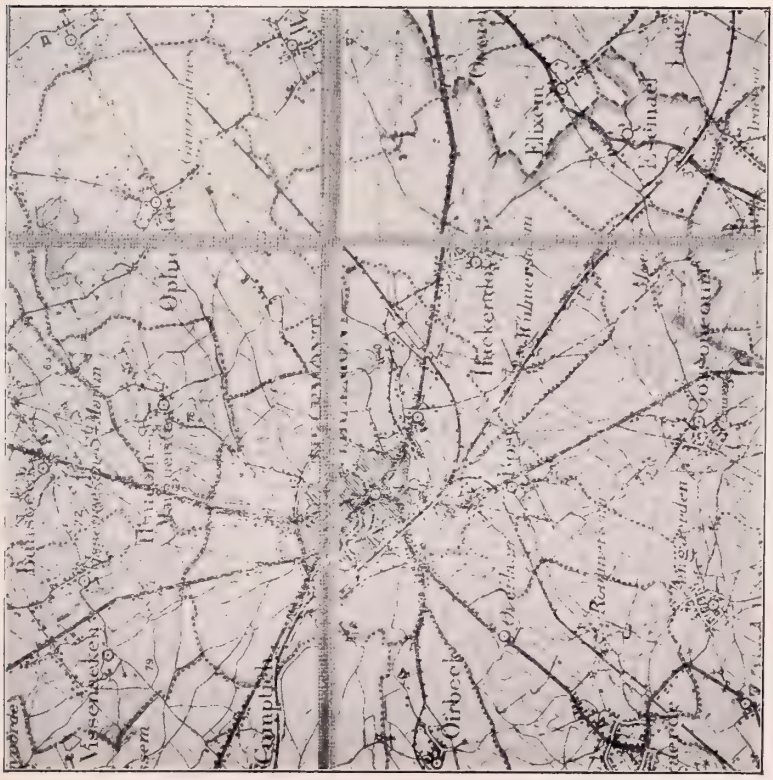


Fig. 7. — *Tirlemont.* Fragment de la carte au $\frac{1}{100\,000}$. Il est important que la carte soit bien orientée.

Fig. 8. — *Ouffet.* Vue prise à 1000 m. d'altitude. (Ph. Dr Gilbert).
Ici encore la ressemblance avec la carte est frappante.

Fig. 9. — *Ouffet.* Fragment de la carte au $\frac{1}{100\,000}$.
Les plis et les bords de la carte constituent une gêne dont on peut s'affranchir en réunissant les fragments utiles en une bande fixée sur un dérouleur.

zones de discontinuité très désagréables ; on évite cet inconvénient en découpant une bande de 30 à 35 kilomètres de largeur dont l'axe est la route à suivre ; les différents fragments sont fixés bout à bout et la bande est disposée sur un dérouleur permettant d'amener successivement, par déroulement progressif, les parties utiles sous l'œil de l'observateur.

Dans le même ordre d'idées, M. l'ingénieur Bracke propose de constituer des bandes-itinéraires au moyen de séries de photographies prises au-dessus des points marquants des grandes routes aériennes.

Dans le grand nombre d'idées émises actuellement, l'expérience seule peut exercer une sélection et déterminer les règles pratiques que les aviateurs appliqueront normalement, conclusion que la F. A. I. a admise dernièrement sur la proposition de l'Aéro-Club de Belgique. Des expériences préparées par la commission de la carte seront poursuivies sur une grande échelle, dans une zone étendue à un itinéraire important tel que Paris-Bruxelles-Berlin.

Nous nous sommes arrêtés un peu longuement aux méthodes d'orientation en vue de la terre parce que ces méthodes, très discutées actuellement, sont destinées à résoudre un problème important dans l'état actuel de l'aviation : c'est le problème du moment.

D'autres problèmes se poseront dans l'avenir : les procédés astronomiques et magnétiques, la T. S. F. leur apporteront, on peut le prévoir, des solutions adéquates aux besoins. Esquissons-les à grands traits.

Orientation astronomique

Le problème du *point* est théoriquement résolu par deux observations simultanées d'astres : la nuit, deux hauteurs d'astres différents ; le jour, une hauteur et un azimut du Soleil ou deux hauteurs du Soleil, de la Lune ou d'une planète.

Le *Nord* géographique est connu par l'emploi de la boussole et la connaissance des isogones (lignes d'égale déclinaison magnétique), le point étant déterminé.

L'*angle de route* se déduit de la succession des points relevés.

Ainsi la détermination du point est à la base de toutes les opérations. Examinons les instruments et les méthodes de calcul qui peuvent la fournir.

Les instruments sont : le chronomètre, le sextant et le compas.

Le chronomètre peut être, à volonté, réglé sur le temps sidéral ou sur le temps moyen.

Le sextant n'est utilisable en aéroplane que sous la forme du sextant gyroscopique de l'amiral Fleuriais ; il est impossible de se servir de l'horizon naturel comme le marin le fait, ou de l'horizon artificiel donné par un niveau d'eau tel que l'aéronaute l'emploie. Le sextant Fleuriais est d'un maniement délicat à terre ; il exigera, de celui qui en fera usage en aéroplane, une habileté et une attention très grandes, fruits de la formation technique très soignée que devra s'assurer le pilote aérien.

Le compas de marine ne doit pas subir de modifications de principe ; il faut avant de l'utiliser, déterminer pour chaque cap la *variation* de la déclinaison magnétique due aux masses magnétiques du bord. Outre la variation, il faut connaître la déclinaison magnétique locale, pour pouvoir déduire l'azimut géographique de l'azimut magnétique mesuré. La déclinaison change d'un point à l'autre de la terre ; on peut la connaître par la lecture d'une carte des isogones, si l'on connaît le point, et comme la détermination de l'azimut a pour but de faire le point, il semble que l'on tourne dans un cercle vicieux : heureusement les isogones courent à peu près parallèlement aux méridiens géographiques et la déclinaison magnétique varie d'un degré lorsque la longitude varie de deux degrés ; on peut donc procéder par approximations successives.

Le compas magnétique sera peut-être remplacé dans l'avenir par un compas gyroscopique ; semblable appareil existe déjà pour l'utilisation à bord de cuirassés ou de grands paquebots (Compas Anschütz, Kiel) mais il devrait subir pour le service aérien une transformation complète, difficile à concevoir pour le moment.

Si les observations elles-mêmes constituent à bord de l'aéroplane des opérations difficiles et délicates, que dire de leur mise en œuvre ?

Le résultat des mesures doit être connu très vite, c'est là une condition indispensable ; il faut donc réduire les calculs au minimum.

Dans ce but, l'attention des spécialistes s'est portée sur l'emploi des abaques. M. de la Baume Pluvinel résume l'état de la question dans les Procès-verbaux du IVme Congrès international d'Aéronautique (Nancy, 18-23 septembre 1909) ; il y reproduit notamment un excellent nomogramme à points alignés dû à M. Kanapel,

Fig. 10. — *Carte des isogones, Belgique-France, 1911.*

Cette carte a été dressée d'après les indications de l'Annuaire du Bureau des Longitudes ; elle peut être utilisée pendant quelques années sans erreur sensible.

α Bélier.

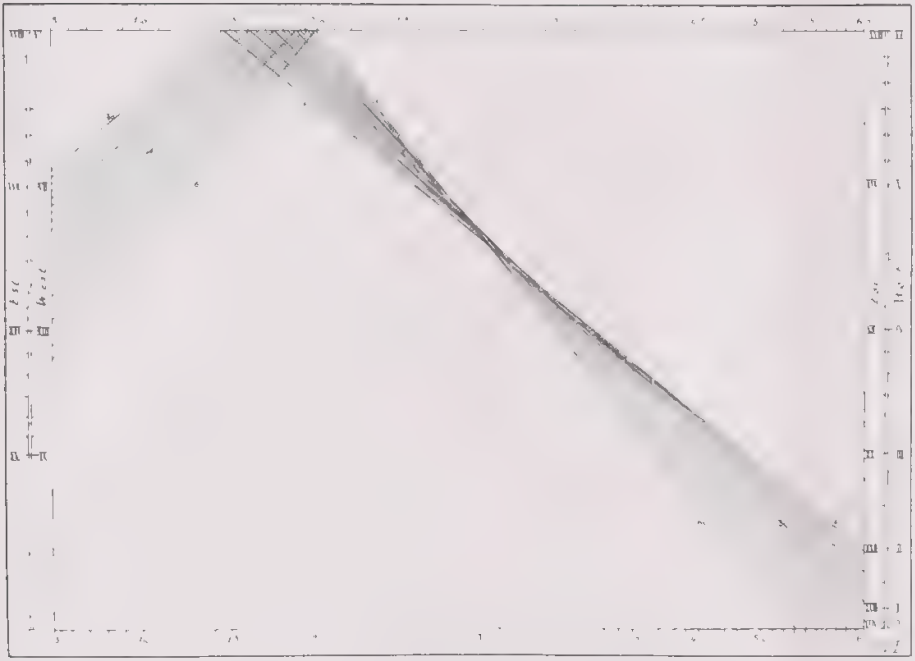


Fig. 11. — *Abaque à droites concourantes* (Lahure et Lallemand).

$$\sin h = \sin L \sin D + \cos L \cos D \cos t.$$

La hauteur cherchée porte sur un gradué au niveau de l'horizontale de la latitude. Les droites sont des droites concourantes. L'angle horaire est sur les échelles verticaux.

L'abaque est destiné à pouvoir à hauteurs horaires [illegible] sur papier millimétrique pour les [illegible] lectures.

donnant l'angle horaire de l'astre observé ou la latitude du lieu en fonction de la hauteur de l'astre ; en général, la latitude se détermine par une observation préliminaire de la polaire ou d'une étoile près du méridien ; l'abaque fournit alors l'angle horaire d'où l'on déduit la longitude du lieu. On peut utiliser dans le même but des abaques à droites concourantes, abaques un peu plus encombrants, mais peut-être plus faciles à lire que les nomogrammes à points alignés.

M. le Professeur Marcuse, de l'université de Berlin, préfère employer le calcul et utilise à cet effet des tables des fonctions de Mercator qui permettent un calcul rapide.

Les tracés graphiques ont aussi leurs partisans. Dès 1906, au IIIe Congrès international d'Aéronautique (Milan, 22-28 octobre) M. Favé, ingénieur hydrographe en chef de la Marine Française, conseillait la détermination graphique du point par l'intersection de deux lignes de hauteur sur une projection stéréographique. L'appareil de Voigt, tout nouvellement établi par une maison allemande, est destiné à faciliter la construction de ces lignes.

Sans entrer dans plus de détails sur le problème du point astronomique en aéroplane, ce court examen des éléments dont nous disposons actuellement, nous permet d'affirmer que le problème sera résolu le jour où il se posera comme une nécessité impérieuse.

Rappelons toutefois qu'au terme de la traversée l'aviateur devra, pour l'atterrissage, s'orienter par l'observation de la surface de la terre.

Orientation par temps de brume

Si les procédés de l'orientation astronomique ne sont à présent pour l'aviateur que purs jeux d'esprit, il n'en est pas de même du problème de l'orientation par temps de brume qui constitue l'inconnue la plus angoissante de la navigation aérienne.

A la vérité, certaines périodes de brume opaque sont caractérisées par le calme de l'atmosphère et le pilote, renseigné exactement sur les circonstances météorologiques, peut naviguer à l'estime avec une certitude absolue d'atteindre les environs de son port d'arrivée, à condition d'avoir calculé avec soin, au départ, les éléments du pilotage pour la traversée.

Aucun procédé ne permet, jusqu'à présent, de contrôler l'orientation au cours d'une semblable traversée, mais deux méthodes

sont susceptibles de donner des résultats : la première, basée sur l'observation des variations de la composante horizontale du champ magnétique terrestre a fait l'objet d'expériences conduites en ballon libre par le Dr Bidlingmaier ; les essais en sont à peine concluants et on n'ose prévoir l'adaptation du procédé à l'orientation de l'aéroplane. La seconde méthode consiste dans la réception, par télégraphie sans fil, de signaux émanés d'un certain nombre de stations réparties sur le domaine terrestre ou sur les côtes de la mer. Les essais poursuivis en France, par Maurice Farman, et en Amérique, laissent plus d'espoir dans cet ordre d'idées.

Dans tous les cas, d'ailleurs, l'atterrissage au port sera, par temps de brume, une opération très critique, entourée de grands risques de naufrage sur les écueils parsemant la campagne aux environs d'un port à découvrir dans un vol périlleux au ras du sol.

La création de signaux de secours acoustiques ou lumineux apparaît comme un remède insuffisant, laissant entière la difficulté. La technique moderne en triomphera-t-elle en munissant l'aéroplane d'un sens nouveau qui entrerait en action dans les fonds brumeux de l'océan aérien où l'homme-oiseau est aveugle ? C'est le secret de demain.

Bon G. de Béthune.

II

A PROPOS D'UNE

HISTOIRE DES MATHÉMATIQUES (1)

(Suite)

Nous avons décrit, dans l'article précédent, les caractères de la merveilleuse évolution des Mathématiques en Occident au cours du XIIe et du XIIIe siècle.

(1) *Histoire des Mathématiques*, par W.-W. Rouse Ball. Édition française, par L. Freund. — Deux tomes, Paris, A. Hermann, 1906-1907.

Voir Revue des Quest. scient., 3e série, t. XII, oct. 1907, pp. 594-607 ;

Nous avons rappelé comment l'Europe chrétienne s'épuisait depuis de longs siècles sur le fonds scientifique maigre et stérile légué en héritage aux écoles claustrales par les écoles gréco-latines. Ensuite nous avons dit comment soudain l'ère des croisades, à peine ouverte, avait enrichi l'Occident par l'apport d'une science puissante et féconde, la science mathématique des Grecs anciens.

Les intermédiaires principaux entre l'Occident médiéval et la Grèce ancienne furent les Arabes. Disciples excellents de la science hellénique — qu'ils avaient su s'assimiler admirablement, mais sans l'accroître par eux-mêmes par de nouvelles découvertes vraiment originales, — les Arabes avaient ajouté aux richesses scientifiques de la Grèce quelques acquisitions faites par eux au cours de leurs conquêtes dans les Indes. Parmi ces acquisitions rapportées des pays hindous, rappelons, en Arithmétique, la numération écrite décimale, qu'ils perfectionnèrent encore; en Trigonométrie, l'usage heureux des sinus, complété bientôt par l'usage plus heureux encore des tangentes (1). Quant à l'Algèbre, ce puissant outil arithmétique

t. XIII, janv. 1908, pp. 252-267, et avril, pp. 558-578; t. XIV, juillet 1908, pp. 228-235, et oct., pp. 564-580; t. XV, janv. 1909, pp. 599-626; t. XVII, janv. 1910, pp. 264-279, et avril, pp. 606-615.

(1) L'emploi du sinus et de la tangente d'un arc, de préférence à l'emploi — usité chez les Grecs — de la corde de l'arc double, a pour avantage de ramener immédiatement la question à la simple considération du triangle rectangle. Le sinus et la tangente, rapportés au rayon de l'arc, ne sont rien autre que l'un des côtés de l'angle droit rapporté soit à l'hypoténuse soit à l'autre côté de l'angle droit.

L'introduction, dans la Trigonométrie des Latins, de la demi-corde ou sinus date de la traduction, par Platon de Tivoli, du *De Scientiâ* (ou *de motu) stellarum* de l'astronome Al-Battâni, ou Albategnius. — Platon de Tivoli emploie cependant non le mot *sinus*, mais le mot *chorda* pour désigner cette demi-corde : le mot *sinus* fut introduit par Gérard de Crémone.

Les Hindous appelaient *jivâ* ou *jyâ* la corde de l'arc, et ils désignaient la demi-corde par *ardha-jyâ* ou, pour plus de brièveté, aussi par *jyâ*. Les Arabes désignèrent la demi-corde par le mot arabe *dschîba*, homophone pour eux du mot hindou *jîva ;* mais *dschîba* désignant par hasard en arabe un replis, un recoin, Gérard de Crémone traduisit par le mot latin *sinus*, qui resta.

La corde de l'arc s'appelait aussi chez les Hindous *kramajyâ :* les Arabes traduisirent par le mot *kardaga*.

Les tangentes et cotangentes étaient appelées par les Arabes *ombres verses* et *ombres droites*. Les tangentes apparaissent chez Al-Battâni : il exprime ces *ombres* par le rapport $\frac{\text{sinus}}{\text{cosinus}}$, dont les Grecs ne se sont pas

déjà familier à Diophante (IIIe siècle de notre ère) chez les Alexandrins et à Aryabhâta (IVe siècle) chez les Hindous, l'esprit positif des Arabes ne pouvait manquer d'en apprécier la valeur : Al-Khorizmi, à Bagdad, dans le premier quart du IXe siècle, codifia les règles pratiques de cette science, comme il fit aussi pour l'Arithmétique décimale hindoue ; ces deux sciences ou ces deux arts reçurent dès lors une estampille arabe, que les siècles n'effacèrent point et qui reste imprimée jusque dans les noms eux-mêmes — *Algèbre* et *Algorithme* — qui les désignent.

Cependant, puisque nous venons de redire que l'Europe chrétienne fut redevable aux Musulmans de la transmission de la science païenne antique, il est juste aussi de rappeler l'origine de la culture scientifique musulmane. C'est dans les écoles et les cloîtres de la Syrie chrétienne que les Arabes trouvèrent les ouvrages des savants et des philosophes de l'Antiquité, et chacun des manuscrits grecs qu'ils traduisirent dans la langue du Coran était l'œuvre patiente de quelque moine chrétien. Un orientaliste peu suspect de partialité à l'égard des moines, Eug. Renan, a formulé ce jugement : « On sait que ce sont les Syriens qui ont initié les Arabes à la culture de la Science et de la Philosophie grecques, et quand on réfléchit à l'immense influence que la culture arabe a exercée sur les destinées de l'esprit humain, le point de départ de ce grand mouvement doit être cherché dans les écoles et les monastères de la Syrie (1). »

Les premières traductions latines de l'œuvre scientifique gréco-arabe eurent pour objet des traités de Médecine : elles sont antérieures à l'ère des Croisades. Il suffit de rappeler ici le nom de Constantin l'Africain. Aux environs de l'an 1060, après quarante années de voyages à travers les pays orientaux — Syrie, Mésopotamie, Perse, Éthiopie, Égypte, — ce pèlerin de la science médicale avait choisi pour étape dernière de ses pérégrinations, et même pour dernier repos de sa vieillesse, la ville

servis ; il avait une Table de ces ombres, calculée pour un cercle de rayon égal à 12. Les astronomes Aboul Wéfa et Ben Jounis, à la fin du Xe siècle, c'est-à-dire un siècle après Al-Battâni, se servaient de Tables donnant les ombres verses et les ombres droites pour le rayon égal à 60 ; la sécante s'appelait chez eux *diamètre de l'ombre*.

(1) E. Renan, *Rapport à M. le Ministre de l'Instr. Publ. et des Cultes*, du 25 juillet 1850 (ARCHIVES DES MISSIONS SCIENTIF., 7e Cahier). — Nous trouvons cette citation dans un Mémoire de l'abbé Clerval sur *Hermann le Dalmate et les premières traductions latines des traités arabes d'Astronomie au M. A.* (C. R. DU CONGRÈS SCIENTIF. INTERNAT. DES CATHOL., TENU A PARIS EN 1891, Paris, Picard, 1891, t. II, 5e sect., pp. 163-169).

de Salerne, déjà célèbre par son École de Médecine. Mais bientôt, épris du silence et du recueillement des cloîtres, Constantin alla s'enfermer dans une cellule de Mont-Cassin. C'est là que le vieux disciple d'Hippocrate et de Galien, devenu le disciple de S. Benoît, élabora en de nombreuses traductions d'ouvrages arabes et grecs et en des écrits personnels le fruit de son aventureuse carrière et composa toute une bibliothèque médicale : il dédia ses livres tour à tour à Alphan, l'archevêque médecin qui illustrait le siège épiscopal de Salerne (1058-1085), et à l'Abbé de Mont-Cassin, Didier (1057-1086), le futur successeur de Grégoire VII. Les travaux bientôt célèbres du moine médecin contribuèrent à faire connaître aux Latins les doctrines des médecins grecs anciens, surtout de Galien et de Paul d'Égine, et à répandre en Occident les idées et les pratiques des médecins arabes (1). — Le lecteur nous pardonnera cette digression sur

(1) Les ouvrages de Constantin eurent à la Renaissance des éditions répétées, à partir d'une édition de ses œuvres donnée à Bâle en deux in-folio en 1536-1539. Voy. dans Migne, *P. L.*, t. 150, col. 1563-1566, une dédicace de Constantin à Didier de Mont-Cassin, le futur pape Victor III.

L'histoire de Constantin l'Africain — il était de Carthage — nous a été racontée par le chroniqueur contemporain Léon d'Ostie, en son *De Viris illustr. Cassin.*, ch. 23 (Muratori, *Rer. Italic. Scriptores*, t. VI). Voy. aussi Mabillon, *Ann. O. S. B.*, t. V, p. 223, et Ziegelbauer, *Hist. rei litter. O. S. B.*, t. II (1754), pp. 304-306.

Le *De Viris illustr. Cassinens.* précité parle aussi (ch. 35) d'un disciple de Constantin, le moine Jean le Médecin, « qui post Constantini sui Magistri transitum aphorismum edidit Physicis satis necessarium ». Jean le Médecin est contemporain d'un certain Jean de Milan, l'auteur principal très probablement du fameux recueil des *Préceptes* de l'École de Salerne, *Regimen sanitatis Salernitanum* ou encore *Flos Medicinæ*, composé à l'époque qui nous occupe et dédié un peu plus tard (vers 1100) au duc Robert de Normandie, roi (de nom) d'Angleterre ; il fut commenté ou développé au XIIIe siècle par Arnould de Villeneuve. Bon nombre des quelques centaines de vers léonins qui constituent ces *Préceptes*, hantèrent la mémoire de tous les médecins (on disait autrefois les Physiciens) du Moyen Age et de la Renaissance. Peu de livres eurent l'honneur d'être autant de fois réédités, et à si juste titre, que ce savoureux code de l'hygiène physique et de l'hygiène morale, offert vers l'année 1100 par l'École de Salerne à un royal client,

Anglorum Regi scribit Schola tota Salerni.
Si vis incolumem, si vis te reddere sanum,
Curas tolle graves,...

Qui sait s'il n'y a pas identité entre Maître Jean de Milan et le moine Jean le Médecin, et si le premier jet du *Régime de santé* salernitain n'est pas l'*Aphorismus, Physicis satis necessarius*, qu'avait écrit dans une cellule monastique la plume de Jean le Médecin, peut-être sous la dictée de son

Constantin le Médecin : il nous a semblé qu'un regard sur la carrière et les labeurs de cet arabisant, alors l'un des plus illustres, permet de mieux apprécier les conditions du travail et les tendances du mouvement scientifique à cette époque.

Aussitôt après les sciences médicales, ce fut le tour des Mathématiques de solliciter les services des traducteurs de manuscrits arabes et juifs.

La voie fut ouverte en 1116 par Platon de Tivoli, le traducteur du *Liber Embadorum* de Savasorda, et vers 1120 par le moine Adélard de Bath, l'auteur de la première version latine des *Éléments* d'Euclide qui fût faite sur l'arabe (1) : nous nous sommes occupés précédemment de ces deux ouvriers de la première heure. Ils eurent pour successeurs immédiats un groupe d'habiles travailleurs, Robert de Rétines, Hermann le Dalmate, Rodolphe de Bruges, Jean de Séville, suivis bientôt du plus infatigable des orientalistes du XIIe siècle, Gérard de Crémone : cette pléiade de savants, venus d'Angleterre, de Dalmatie, de Belgique, d'Italie, jeta un vif éclat sur une véritable École de traducteurs, fondée à Tolède par l'archevêque de cette ville, le primat d'Espagne Raymond d'Agen (2). Le docte archevêque de

vieux maître Constantin de Carthage, le moine médecin voyageur ? — La plus ancienne presque des nombreuses éditions incunables est celle de Louvain, chez Jean de Westphalie, 1482 : naguère le vieil ouvrage a été réédité, à Louvain encore (1863), amoureusement commenté par le Professeur Van Biervliet, de la Faculté de Médecine.

(1) Sur l'arabe, disons-nous. En effet, il existe, écrits par une main anonyme du Xe siècle, c'est-à-dire un à deux siècles avant la version d'Adélard, des fragments d'une traduction latine des *Éléments* d'Euclide, faite directement et mot pour mot *sur le texte latin* de la recension de Théon. L'auteur inconnu de cette traduction paraît être un italien (par exemple, il écrit *cap*[*itolo*] *nono* pour *caput nonum*), peu versé en Géométrie et peu au courant de la langue grecque. Le regretté Maximilien Curtze a publié ces fragments dans la Préface (pp. XVI-XXVI) de son édition de la version latine, par Gérard de Crémone, du *Commentaire* d'Anaritius, ou Al-Narizi, sur les X premiers Livres des *Éléments* d'Euclide (Leipzig, 1899). Il s'agit de deux feuillets de parchemin, de 332^mm sur 215^mm et de 218^mm sur 188^mm, à deux colonnes d'écriture, chacune de 30 lignes : ces feuillets, collés avec plusieurs autres (ceux-ci restent indéchiffrables, étant collés entre eux), forment la couverture d'un manuscrit de la Bibliothèque de l'Université de Munich (coté 2° 757).

(2) La ville de Tolède, ayant été reprise aux Musulmans en 1085 par Alphonse le Vaillant, redevint la capitale de la Castille et le siège épiscopal y fut rétabli. Le moine bénédictin Dom Bernard fut nommé archevêque (1086). Dom Raymond, d'Agen, est un des moines que Dom Bernard avait amenés de France avec lui ; il fut évêque d'Osma de 1109 à 1126 et succéda en 1126 à Bernard.

Tolède (1126-1150) avait eu l'intuition de l'inappréciable service que recevrait la Philosophie chrétienne, si l'on traduisait en langue latine les principaux écrits des philosophes arabes, ces détenteurs et ces « abréviateurs » — disait-on — des ouvrages des philosophes grecs. Il réussit à attirer en sa ville et à mettre au service de son œuvre des savants de toute nation : nous venons de nommer ceux d'entre eux qui consacrèrent aux sciences exactes les plus féconds labeurs.

Il est malaisé de déterminer les parts respectives que prirent dans les services rendus aux Mathématiques ces vaillants travailleurs. Modestes autant que laborieux et savants, ces traducteurs, qui presque tous étaient des moines ou des clercs, omettaient souvent de signer leurs ouvrages. Assez fréquemment les contemporains essayèrent de réparer cet oubli, mais ils le firent au hasard de conjectures parfois peu heureuses, et il ne faut point se fier sans réserve aux affirmations de paternité qui accompagnent les en-têtes ou les *explicit* des traductions latines de cette époque.

Cependant des attributions même contradictoires en apparence, relevées sur les diverses copies d'un même ouvrage, sont parfois conciliables. Rien n'était fréquent au XIIe siècle comme de voir plusieurs auteurs collaborer à la commune rédaction d'une même version, et les copies portaient ensuite, assez au hasard, le nom de l'un ou de l'autre de ces compagnons de travail. — Tel fut le cas de la version latine du *Planisphærium* de Ptolémée, faite en 1143 ou 1144 sur le texte arabe de l'astronome Maslam de Cordoue. L'édition *princeps*, donnée en 1536 chez Werner à Bâle par les savants soins de Jacques Ziegler, fut faite d'après un manuscrit qui attribuait cette version à Rodolphe de Bruges, le brillant disciple d'Hermann le Dalmate (1) : dès lors, et pendant près de trois siècles, nul ne mit

(1) L'opuscule occupe les pp. 227-274 du recueil d'ouvrages sur la Sphère intitulé *Sphæræ atque astrorum cœlestium ratio, natura et motus...* M. D. XXXVI. Valderus. — Le recueil se termine, pp. 275-294, par le *De Planisphærij figuratione* de Jordanus.

La préface de l'opuscule, pp. 227-231, est intitulée : Rodulphi Brughensis ad Theodorichum Platonicum, in traductionem planisphærij Claudij Ptolemæi, Præfatio; et se termine par les mots : Facta est translatio hæc Tholosæ Calendis Iunij, anno domini M C XLIIII. — Ce *Theodorichus*, que l'auteur de la Préface appelle *dignissime præceptor* (d'autres manuscrits portent *diligentissime præceptor*) et le proclame « le Père des études latines, en qui revit pour le plus grand avantage des mortels l'âme de Platon », ne peut être que Thierry, l'illustre *Scholarum magister* de Chartres, qui enseigna à Chartres

en doute que l'arabisant belge n'en fût bien l'auteur. Or, en 1819, Jourdain, dans ses *Recherches critiques sur les traductions latines d'Aristote*, signala à Paris un codex, identique au premier par son texte et par sa préface, mais dont l'en-tête attribuait l'œuvre à Hermann le Second — c'est-à-dire à Hermann le Dalmate (1), — et récemment encore, en 1903, un article du danois Björnbo dans la *Bibliotheca Mathematica* nous informait qu'il en était de même d'un codex de la Bibliothèque du Vatican (2) ; du reste, les manuscrits de cette version autres que ceux-là se taisent sur le nom du traducteur. Que conclure de ces divergences des uns et de ces anonymats des autres ? Il nous semble juste d'adopter la conclusion d'une étude consacrée ici-même à ce problème par le P. Bosmans (3) : nous croyons qu'il ne faut point enlever à Rodolphe de Bruges son titre

pendant le second quart du XIIe siècle et qui mourut à Paris un peu avant 1155 : l'abbé Clerval nous a fait connaître complètement son *Eptateuchum*, vaste encyclopédie des sept arts libéraux (Clerval, *Les Ecoles de Chartres au M. A., du Ve au XVIe siècle*, Paris [1895], p. 220-223 ; cf. du même un *Mém. sur l'Enseignement des Arts libéraux au XIIe siècle*, dans le recueil CONGRÈS SCIENTIF. INTERNAT. DES CATHOLIQUES, TENU A PARIS EN 1888, t. II, pp. 277-296). — Le manuscrit qui servit à l'édition de 1536 était fort défectueux ou a été souvent assez mal lu. Ainsi, on lit dans la Préface : ... ego et unicus atq. illustris Robertus Cataneus..., tandis que d'autres manuscrits portent : ... ego et unicus atque illustris *socius* Rodbertus Retensis ..; peut-être aussi au lieu de M D XLIIII, fallait-il M D XLIII.

Ce *Rodbertus Retensis*, qui honorait de son amitié Rodolphe de Bruges, n'est autre que l'arabisant anglais Robert de Rétines ou plutôt de Reading, déjà cité et de qui nous nous occuperons quelques pages plus loin. — On ne s'étonnera point que les manuscrits médiévaux défigurent souvent son nom, *Robertus Retinensis*, qui devient fréquemment *Ketensis*, *Katensis*, etc. : dans la graphie gothique, le K et le R se ressemblaient aisément, par une déformation du K, de laquelle est visiblement dérivé le K cursif allemand ; quant aux voyelles *a*, *æ*, *e*, elles sont souvent interchangées par les copistes.

(1) Amable Jourdain, *Recherches critiques sur l'âge et sur l'origine des traductions latines d'Aristote*, Paris, 1819 (posthume), p. 105. Voy. aussi la 2de édition, revue et augmentée par Charles Jourdain, Paris, 1843.

Le manuscrit signalé est de la Bibliothèque Nationale (Fonds latin, 7377 B., f. 73), et est intitulé : *Planispherium Ptolemei translatus* [sic] *de arabico in latinum per Hermannum secundum* ; son *explicit* est : *Explicit liber anno Domini M. C. quadragesimo tertio Kalendis Junii Tolosæ translatus*. La Préface a été publiée par l'abbé Clerval *(mém. cité)* et est identique à celle de l'édition de 1536, sauf la lecture de quelques mots et sauf la présence, dans l'édition de 1536, des mots *Facta est hæc translatio...* et de l'en-tête *Rodulphus...*

(2) Codex *Regin.* 1285 de la Bibliothèque du Vatican.

(3) H. Bosmans, *Hermann le Dalmate, traducteur des traités arabes*, dans la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES., oct. 1904, pp, 669-672.

d'auteur de la première version du *Planisphærium*, tout en permettant à Hermann le Dalmate de partager ce titre, et nous ne déciderons point, d'ailleurs, lequel des deux, Hermann ou Rodolphe, le maître ou l'élève, a apporté dans l'œuvre commune la part de travail la plus considérable.

Extrayons ici, de quelques pages d'un témoin de ces temps, un récit qui fera connaître excellemment par quelle méthode de travail les savants du monde latin au XIIe siècle se mirent en possession des richesses scientifiques des Arabes. Ce contemporain est Pierre le Vénérable, Abbé de Cluny (1). Pour quelques instants, il ne sera plus question d'ouvrages de Mathématiques : il s'agira de l'Alcoran, que l'Abbé de Cluny veut faire traduire en langue latine; mais les arabisants auxquels il va s'adresser, sont précisément les deux mathématiciens Robert de Rétines et Hermann le Dalmate, et le procédé que ces deux travailleurs appliqueront est sans doute le même qu'on employait alors pour mettre en latin avec quelque sûreté tout autre ouvrage arabe de valeur. — La scène se passe en 1141, en Espagne, et peut-être à Tolède même, où l'archevêque Raymond, bénédictin lui aussi et ami sans doute de Pierre de Cluny, avait créé un collège de traducteurs. Pierre de Cluny, passant quelque temps en ce pays pour y visiter les maisons de son Ordre, voulut, nous dit-il lui-même, réaliser un de ses plus vifs désirs : c'était de posséder un Alcoran traduit en latin, qu'il pût envoyer à son ami, Bernard de Clairvaux, afin que Bernard de Clairvaux écrivît contre la secte impie des Mahométans et la combattît par des armes prises dans l'arsenal même de la secte. Or il avait rencontré sur les rives de l'Èbre deux hommes instruits, qui se livraient à

(1) Tous les détails qui suivent sont extraits du *Prologus* que Pierre de Cluny a mis en tête de son traité *Contrà Sectam sive hæresim Saracenorum*, et que déjà signalait Wallis en son *De Algebrâ tractatus historicus et practicus* (Oxford, 1685, p. 5), ainsi que d'une Lettre, datée de 1143, de Pierre de Cluny à S. Bernard : la lettre accompagne un aperçu, *Summula brevis*, de l'Alcoran et d'un projet de la réfutation à en faire. Pierre de Cluny avait fait faire, raconte-t-il en cette lettre, cet aperçu de l'Alcoran par Maître Pierre de Tolède, fort au courant de l'arabe : mais le latin de Maître Pierre étant défectueux, l'Abbé de Cluny lui adjoignit son propre secrétaire (*notarium nostrum*), le Frère Pierre [de Poitiers]. Voy. ces pièces dans Martène, *Ampliss. Coll.*, t. IX, ou dans Migne, *P. L.*, t. 189. — L'abbé Clerval a fort bien fait connaître, après Jourdain, l'intéressant passage du *Prologus* de Pierre le Vénérable (*Les Écoles de Chartres*, p. 189).

Au sujet de la Lettre à S. Bernard, disons que celui-ci, accablé d'autres travaux, laissa à son ami de Cluny le soin de faire la réfutation proposée.

l'étude de l'Astronomie *(astrologicæ arti studentes inveni)* et qui possédaient à la fois la langue arabe et la langue latine : c'étaient « Robert de Rétines, d'Angleterre, aujourd'hui archidiacre de l'Église de Pampelune, et Hermann le Dalmate, étudiant *(scholasticus)* d'une intelligence pénétrante et d'un esprit cultivé. » Il obtint par ses instances et moyennant large salaire qu'ils interrompissent leurs études favorites et abordassent l'Alcoran. Il leur adjoignit un troisième chrétien, Pierre de Tolède, dont la langue familière était l'arabe, et un sarrazin, nommé Mahomet. On se procura les livres de la secte, même les plus jalousement dérobés aux profanes, et de l'association de ces traducteurs il résulta un assez considérable ouvrage : désormais, l'Alcoran tout entier était livré aux Latins (1).

On voit, par ce récit de Pierre de Cluny, comment procédaient — non point toujours, mais sans doute fréquemment — les traducteurs des ouvrages arabes. On recourait soit à un juif converti soit à un arabe, qui traduisait le texte arabe en un latin quelconque ou en langue vulgaire, et sous la dictée ou sous le contrôle de l'interprète on écrivait le texte latin de la version : on polissait ensuite à son aise ce latin, avant de le livrer au public. — Observons, avec l'auteur des *Recherches critiques*, que cette façon de travailler, d'ailleurs excellente, a donné naissance à de fâcheuses confusions au sujet du principal auteur des traductions latines ainsi élaborées (2).

L'un des services les plus précieux que rendirent à la science les traducteurs qui au XIIe siècle allèrent en Espagne interroger les manuscrits arabes, fut de donner à l'Europe latine les élé-

(1) ... Christianorum interpretum nomina : Robertus Retenensis, Armannus Dalmata, Petrus Toletanus; Sarraceni Mahumet nomen erat. Qui intima ipsa barbaræ gentis armaria perscrutantes volumen non parvum ex prædictâ materiâ Latinis lectoribus ediderunt. Hoc anno illo factum est, quo Hispanias adii et cum domno Aldefonso Victorioso Hispaniarum imperatore colloquium habui, qui annis fuit ab Incarnatione Domini 1141. (Migne, *P. L.*, t. 189, col. 671.)

(2) Ainsi Dominique Gondisalvi ayant eu pour interprète habituel Jean Aben Dreath (ou Avendeath, comme écrit Jourdain), — qui n'est autre, semble-t-il, que Jean de Séville, — les manuscrits des versions faites par Gondisalvi portent souvent le seul nom de Jean l'Israélite. Parfois les manuscrits entremêlent les deux noms : une version de la *Physique* d'Avicenne porte le nom de *Johannes Gundisalinus* (Jourdain, *op. cit.*, édit. 1843, pp. 102 et 107). — Voy. aussi dans Migne, t. 189, col. 1074, les en-têtes de divers manuscrits de la version latine de l'Alcoran faite par *Robertus Retensis angligena* et *à Petro magistro Toletano juvante Petro monacho.*

ments de trois sciences destinées à rester les bases de tout l'édifice mathématique : l'Arithmétique décimale écrite, avec valeur de position des chiffres, l'Algèbre et la Géométrie. Les manuels de ces trois sciences nous arrivèrent signés de deux noms illustres : le nom d'Euclide, l'immortel géomètre grec, dont les *Éléments* furent traduits vers 1120 par Adélard de Bath et, environ un demi-siècle plus tard, par Gérard de Crémone, et le nom de Mohammed-ben-Mouça, surnommé Al-Hovarez ou plutôt Al-Khowarez — ou Al-Khorizmi (1), — qui écrivit vers 820, à Bagdad, un manuel d'Arithmétique commençant par les mots *Dixit Algoritmi : cum vidissem...*, et un manuel d'Algèbre intitulé *Al djebra et al Mukâbalah*.

Le lecteur sait que les deux sciences révélées aux savants latins du XIIe siècle par les traductions de ces deux manuels d'Al-Khorizmi prirent, des en-têtes même de ces manuels d'Al-Khorizmi, les noms bien arabes qu'elles conservèrent à travers le Moyen Age et la Renaissance : l'Algorithme fut le nom de l'Arithmétique nouvelle, qui supplantait les abaques antiques, et l'Algèbre désigna et continue aujourd'hui à désigner la science mystérieuse dont nous avons tous appris dès notre jeunesse les premiers secrets. Le lecteur sait aussi que, malgré ces dénominations arabes, ces deux sciences eurent leur berceau non point au pays de Bagdad et des Mille et une nuits, comme on le croyait encore il n'y a pas très longtemps, mais l'une sur les rives de l'Indus et l'autre, semble-t-il, sur les rives du Nil : l'Algorithme, ou l'Arithmétique écrite caractérisée par la valeur de position des neuf chiffres et par l'emploi du zéro, est une invention des Hindous, et l'Algèbre est une création des Grecs, déjà merveilleusement puissante entre les mains de l'Alexandrin Diophante.

L'*Arithmétique* d'Al-Khorizmi ne nous est point connue en son texte original arabe, mais par une version latine, conservée en un manuscrit de Cambridge et publiée en 1857 par le prince Boncompagni. La version a pour titre : *Algoritmi, De Numero*

(1) Ce surnom, Al-Khorizmi ou Al-kharismi, ou encore Al-Khowarez, — le Moyen Age a adopté la variante des traducteurs latins, Algoritmi, — rappelle le pays natal de Mohammed-ben-Mouça : c'était le Kharizm, ou Khwarezm, région qui constitue le Chorasmia des Grecs anciens et le Khiva moderne, dans le Turkestan occidental.

Indorum (1). Après l'action de grâces et l'invocation adressées à Dieu, qui sont le prologue accoutumé des Arabes, Al-Khorizmi expose la numération écrite des Hindous : l'emploi de neuf chiffres *(IX literæ)* ; le principe de la valeur de position, valeur qui se décuple, si un chiffre avance d'un rang (ou d'une *differentia*) vers la gauche ; l'emploi du zéro *(circulus parvulus)*. Ensuite viennent les règles de l'addition et de la soustraction ; de la duplication, ou multiplication par 2, et de la dimidiation, ou division par 2; de la multiplication et de la division. Les règles de la duplication et de la multiplication sont suivies de l'exposé de la preuve par 9. Toutes ces règles sont exposées d'abord pour les nombres entiers *(integri)*, ensuite pour les fractions *(fractiones)*. Tel est ce petit traité du Calcul arabe, ou plutôt, selon le témoignage même d'Al-Khorizmi, du Calcul hindou. Cette Arithmétique nouvelle, si recommandable par son aisance et sa rapidité *(causâ levitatis atque abreviationis)*, plut nécessairement aux Latins, et pendant plusieurs siècles ils la désignèrent par le surnom de l'auteur du manuel, *Algorithmus* : les arithméticiens qui préférèrent à l'abaque et aux jetons des calculateurs anciens les méthodes et les chiffres des Arabes, ou plutôt des Hindous, s'appelèrent des *algoristes* ; les calculateurs attardés aux procédés antiques conservaient leur nom d'*abacistes*. — Quant à l'auteur de la version latine que nous a trans-

(1) *Trattati d'Aritmetica pubblicati da Baldassare Boncompagni. I. Algoritmi de numero Indorum*. Rome, 1857 (pp. 1-23).

Le *De Numero Indorum* occupe les feuillets 102 (recto) à 109 (verso) du codex *Ii, 6. 5.* de la Bibliothèque de l'Université de Cambridge.

Après le prologue (Dixit algoritmi : laudes deo rectori nostro atque...), vient cet *incipit* : — Dixit algoritmi : Cum vidissem yndos constituisse .IX. literas in universo numero suo... Fecerunt igitur .IX. literas quarum figuræ hæ [ici le manuscrit laisse un espace blanc]. Est quoque diversitas inter homines in figuris earum...

L'auteur du manuscrit écrit les nombres soit au long, soit à la romaine (sauf certains nombres, comme 1000, 2000, et une fois 335, écrits en chiffres).

Les rangs des chiffres s'appellent des *differentiæ* ; l'auteur nous dit : ... operati sunt yndi ex his differentiis ; quarum prima est differentia unitatum,... secunda, differentia decenorum,... tertia, differentia centenorum,...

Les mots *Dixit algoritmi* ouvrent le premier et le second alinéa de ce petit ouvrage, comme nous l'avons dit (et non tous les alinéas du livre, comme le dit par erreur Max. Marie). Ces mots désignent bien Al-Khorizmi ; car dans ce *De Numero Indorum* il renvoie lui-même pour certaines définitions à son Algèbre : Et jam patefeci in libro algebræ et almucabalah, id est restaurationis et oppositionis,... ; il appelle cette Algèbre *son autre livre d'Arithmétique* : In alio libro arithmeticæ.

mise le codex de Cambridge, peut-être est-ce Adélard de Bath : il est à peu près certain, en effet, que le bénédictin anglais, auteur déjà d'une traduction latine des Tables astronomiques Al-Khorizmiennes, a traduit aussi, de l'arabe en latin, cette Arithmétique. Plusieurs croient cependant que la version de Cambridge est due plus probablement à Gérard de Crémone.

Des deux ouvrages d'Al-Khorizmi qui exercèrent, à partir du XIIe siècle, une influence capitale sur le développement des Mathématiques en Occident, l'*Arithmétique* hindoue, ou *De Numero Indorum*, et l'*Algèbre*, ou *Al djebr et al mukâbalah*, le second est le seul dont le texte arabe soit arrivé jusqu'à nous. L'orientaliste Rosen a publié en 1831 à Londres, en le munissant d'une interprétation latine, le précieux texte original (1). Ce qui donne à l'œuvre d'Al-Khorizmi toute son importance, c'est qu'elle est devenue la base des travaux algébriques de Léonard de Pise et de Lucas de Burgo, de Tartaglia et de Cardan. Rappelons aussi que le titre prolixe de cet ouvrage, *Al djebr wal mukâbalah*, ou la Restauration et la Compensation, était le nom donné de bonne heure par les mathématiciens arabes à la science algébrique et que lui ont conservé les algébristes du Moyen Age et de la Renaissance depuis Léonard de Pise jusqu'à Cardan. Dans l'esprit des Arabes, cette dénomination complexe rappelait les deux opérations qui préludent à la résolution des équations. De ces deux opérations, déjà prescrites par Diophante au Livre Ier de ses *Arithmétiques*, l'une, *al djebr* (du verbe *djabar*, restaurer, rétablir en son intégrité), est la restauration des membres de l'équation affectée de termes négatifs, l'autre, *al mukâbalah* (la compensation, l'opposition), est la suppression dans les deux membres à la fois des termes semblables et égaux (2). On sait, du reste, qu'aux yeux des Arabes comme aux yeux des Grecs,

(1) *The Algebra of Mohammed ben Musa edited and translated by Frederic Rosen*, London, 1831. Le jeune orientaliste hanovrien Rosen (1805-1837) fit cette publication sur l'invitation de l'indianiste Colebrooke, qui avait donné peu auparavant (Londres, 1817) la traduction anglaise des travaux d'Arithmétique, d'Algèbre et de Géométrie de Brahma Gupta et de Bhascara.

(2) Tandis que les Hindous ne craignaient pas de constituer les membres d'une équation de nombres négatifs même isolés, les Grecs et après eux les Arabes tant d'Orient que d'Occident ne considéraient que les équations à termes tous positifs, afin que les deux membres conservassent toujours des valeurs positives. De là, pour Diophante et pour les Arabes, l'importance de la préparation des équations par la transposition des termes négatifs. — Diophante (Liv. Ier, Défin. XI) : Oportebit addere in utrâque parte species negatas (δεήσει προσθεῖναι τα λείποντα εἴδη ἐν ἀμφοτέροῖς μέρεσιν), donc

leurs maîtres, l'Algèbre se présente avant tout comme la science de la résolution des problèmes par voie d'équations.

Al-Khorizmi écrivit son *Algèbre* vers 820 à la cour du khalife de Bagdad : il remplissait les fonctions de bibliothécaire de ce prince et s'illustrait par ses travaux astronomiques (1). Le savant mathématicien nous raconte lui-même que le khalife, ami des sciences, l'avait invité à rédiger une Arithmétique courte et substantielle, bornée aux règles générales les plus usuelles, avec leurs applications aux faits pratiques de la vie : il répondit au désir d'Al-Mamoun en composant cet ouvrage. — L'écrit ne contient point de symboles : tout y est exprimé discursivement ; l'inconnue, que Diophante appelait ἀριθμός, le *nombre*, et les Hindous *ya*, initiale du mot *yavattâvat* (inconnue), porte chez Al-Kharizmi et chez ses coréligionnaires le nom de *gidr*, la *racine*, ou encore de *schaï*, la *chose* : les Arabes diront souvent aussi le *côté*. Le carré de l'inconnue, chez Al-Kharizmi, s'appelle *mâl* (puissance, produit : les Latins ont traduit par le mot

in utrâque parte species fiant positivæ (ἐνυπαρχοντα), et auferre similia à similibus.

Quoi qu'il en soit de la signification des mots arabes *al djebr* et *al mukâbalah* dans l'esprit des mathématiciens arabes, les mathématiciens hindous, leurs devanciers et leurs maîtres, préparaient l'équation par deux opérations qu'exprimaient les mots sanscrits *chêda gamana* (disparition des dénominateurs) et *samaçodhana* (enlèvement des semblables). Cf. L. Rodet, article du Bulletin des Sciences mathématiques et astronomiques, 1884, p. 252. — Les Arabes traduisirent les expressions sanscrites par les mots *djebr* et *mukâbalah*. Mais dès le début de la science arabe, Al-Khorizmi, qui était élève des Grecs autant que des Hindous et ne chassait pas les dénominateurs, attribua la dénomination *al djebr* à une opération dont le but était de faire disparaître les termes négatifs.

(1) Nous avons déjà parlé de ses *Tables astronomiques*, où les méthodes de Ptolémée sont combinées avec celles des Hindous et des Persans. Al-Khorizmi fit ses observations astronomiques à Bagdad et à Damas ; il mesura un degré du méridien.

On a longtemps confondu Mohammed-ben-Mouça Al-Khorizmi avec un un autre Mohammed-ben-Mouca, fils de Mouca-ben-Schaker, et mathématicien comme Al-Khorizmi. Mouça-ben-Schaker, ancien chef de caravanes, avait conquis la faveur du khalife Al-Mamoun, qui se chargea, après la mort du vieux bédouin, de l'éducation de ses trois fils. Ceux-ci — Mohammed, Ahmed et Al-Haçan — s'acquirent une célébrité par leurs travaux d'Astronomie et de Mathématiques. Le *Liber trium Fratrum de Geometriâ*, que l'Occident latin a connu de bonne heure et que Curtze a récemment publié, est l'œuvre des trois fils de Mouça-ben-Schaker ; il s'ouvre par les mots : Verba filiorum Moysi, filii Schaker [*variante* : filii Schiæ], Mahometi, Hameti, Hasen. Les trois frères semblent avoir travaillé sur des textes grecs originaux.

census, revenu). Les quantités connues — les *monades* de Diophante — s'appellent chez les Arabes des *dragmes* (1).

L'algébriste de Bagdad se montre disciple excellent d'Euclide, de Diophante, de Héron, mais ne s'astreint nullement à ne suivre que ces modèles. Il traite les équations déterminées du premier et du second degré à une inconnue, en donnant parfois aux solutions générales des équations quadratiques des démonstrations géométriques dans le goût euclidien ; il ne considère point les solutions négatives, mais à l'exemple des Hindous il admet que l'équation peut avoir deux racines positives, et en ce cas il prend soin de les calculer toutes deux, en se réservant, comme eux, le droit de rejeter celle qui ne conviendrait pas au problème traduit par l'équation (2). Il n'est jamais question des solutions dites aujourd'hui imaginaires. A la différence des Grecs, il fait suivre ses solutions générales d'exemples numériques multipliés. Il songe à dresser l'élève et non à faire œuvre de savant. Il donne des problèmes empruntés aux choses usuelles de la vie, par exemple aux questions d'héritage envisagées selon le droit arabe. Il ébauche, en finissant, le calcul des radicaux. Il énonce quelques données géométriques, et

(1) Prenons, parmi les équations d'Al-Khorizmi, un exemple au hasard et accompagnons-le de la traduction en écriture algébrique moderne.

L'algébriste arabe pose l'équation : Quinquaginta duæ dragmæ et semis exceptis decem radicibus et semis, æquantur decem radicibus excepto censu (c'est-à-dire : $52\frac{1}{2} - 10\frac{1}{2}x = 10x - x^2$). — L'algébriste prescrit : Restaura quinquaginta duo et semis per decem radices et semis, et adde eas decem radicibus excepto censu (c'est-à-dire : restaurez, rétablissez dans son intégralité, la quantité $52\frac{1}{2}$ en lui ajoutant la quantité $10\frac{1}{2}x$, qu'on lui enlevait, mais ajoutez aussi la même quantité à $10x - x^2$). — L'équation proposée devient $52\frac{1}{2} = 10x - x^2 + 10\frac{1}{2}x$, et l'auteur continue : Restaura decem radices per censum et adde censum quinquaginta duobus et semis... (c'est-à-dire : complétez $10x$ par x^2 et ajoutez x^2 à $52\frac{1}{2}$).

Voici un exemple de *mukâbalah*. Al-Khorizmi rencontre l'équation qui en symboles modernes s'écrirait $4 + x^2 - 4x = x^2 - x$. Il dit : Oppone [mukâbalah] per eas : erunt ergo census et quatuor dragmæ quæ æquantur censui et tribus radicibus (c'est-à-dire : faites une *compensation* entre les quantités négatives, et il viendra $x^2 + 4 = x^2 + 3x$).

(2) Les équations complètes du second degré qu'il résout, peuvent s'écrire : $x^2 + px = q$, $x^2 + q = px$, $x^2 = px + q$; et il ne s'occupe pas de l'équation $x^2 + px + q = 0$, qui n'admet pas de racines réelles positives. (Nous désignons ici par p et par q des nombres positifs.)

attribue à π les valeurs $\frac{22}{7}$ et $\frac{62832}{20000}$: l'une lui vient d'Archimède, la seconde avait été donnée par Aryabhata, le mathématicien de Patalipoutra, qui l'avait obtenue en suivant pas à pas le même chemin qu'Apollonius (1) ; il donne aussi l'approximation grossière hindoue $\pi = \sqrt{10}$, que les Grecs eussent dédaignée et que Brahma Gupta (2) a publiée vers 628. — Nous nous sommes volontiers attardés à l'analyse de l'œuvre algébrique d'Al-Khorizmi : l'auteur déclare lui-même que cette *Algèbre* est un simple manuel élémentaire, nullement écrit pour les savants, mais l'importance historique de ce manuel est grande, puisque c'est à l'école d'Al-Kharizmi que l'Occident latin médiéval fit son éducation arithmétique et algébrique.

Le Moyen Age eut dès le XIIe siècle plusieurs versions latines de l'*Algèbre* d'Al-Khorizmi. On possède aujourd'hui trois de ces versions. La première est due à Robert de Rétines : il en existe deux exemplaires, l'un à Vienne, qui porte son nom, l'autre à Dresde ; elle n'a point encore été imprimée. Peu s'en fallut cependant qu'elle ne fût publiée dès le XVIe siècle par un mathématicien de l'Université de Louvain, Adrien Romain : le célèbre rival de Viète entreprit, en effet, en 1598 ou 1599 la publication

(1) Aryabhata (476-550) enseignait à Patalipoutra (la Cité des Fleurs), la Palibothra des écrivains classiques, située sur le Gange, près de l'emplacement actuel de Patna. Fondée au Ve siècle avant notre ère, cette capitale de l'Inde aryenne reçut, peu après la mort d'Alexandre, la visite de Mégasthène, ambassadeur du roi d'Égypte : ce fut l'origine des relations entre l'Inde et l'Égypte. — Le livre d'Aryabhata, l'*Aryabhathyam* fut publié en sanscrit en 1874 par Kern à Leyde et traduit en français par Rodet (JOURNAL ASIATIQUE, 1879) ; il contient en vers sanscrits laconiques et obscurs des traités d'Astronomie, d'Algèbre et de Trigonométrie : en Algèbre, notons-y les équations du second degré, les sommations des carrés et des cubes, la résolution en nombres entiers des équations indéterminées du premier degré. En Trigonométrie, le savant hindou emploie, non les cordes, mais les sinus ; il les calcule par une formule d'interpolation qui les donne de $3^\circ \frac{3}{4}$ en $3^\circ \frac{3}{4}$.

En Astronomie, Aryabhata croyait au mouvement de la Terre, ce dont il fut souvent raillé par des mathématiciens hindous postérieurs d'écoles différentes de la sienne.

(2) Brahma Gupta, le préfet du collège des astronomes à Oujjein, l'une des sept villes saintes de l'Inde, a corrigé et commenté vers 628 un ancien traité d'Astronomie, le *Siddhânta*. Deux chapitres particuliers y sont consacrés l'un à l'Arithmétique *(Ganitha*, computation), l'autre à l'Algèbre *(Kouttakâ)*. L'ouvrage contient les doctrines mathématiques d'Aryabhata, sauf qu'on y pose $\pi = \sqrt{10}$; il complète Aryabhata ; il résout même de difficiles problèmes d'équations indéterminées du second degré.

d'un vaste *Commentaire* latin de l'Algèbre de Mohammed-ben-Mouça. Soixante-douze pages seulement, contenant le commentaire de la préface et les deux premiers chapitres, furent livrées à l'impression : *pendent opera interrupta*. Le P. Bosmans a eu naguère la bonne fortune de retrouver l'exemplaire, presque unique, de ce fragment à la Bibliothèque de l'Université de Louvain, et lui a consacré une étude, que les ANNALES de la Société Scientifique ont publiée (1). Adrien Romain déclare qu'il se sert d'une version de Robert de Rétines, faite sur le texte arabe en Espagne en 1183 (il s'agit de l'ère espagnole : l'année correspondante de l'ère vulgaire est 1145) ; il a sous la main, nous dit-il, une excellente copie due à son ami Hagecius de Prague (2). — Une seconde version latine, publiée en 1838 sans nom d'auteur par Libri dans sa très documentée *Histoire des Sciences mathématiques en Italie*, est à n'en point douter l'œuvre de Gérard de Crémone (3) : le langage, la terminologie, la « manière », tout révèle le grand arabisant crémonais, et on sait

(1) H. Bosmans, S. J., *Le fragment du Commentaire d'Adrien Romain sur l'Algèbre de Mahumet ben Musa el-Chowârezmi*. Bruxelles, 1906 (21 pages). Extrait des ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES, t. XXX, 2e Partie. — Le fragment de 72 pages, retrouvé à la Bibliothèque de l'Université de Louvain par le P. Bosmans, fait partie d'un recueil in-folio coté *Sciences 1302*. Le titre, l'avis au lecteur, la préface manquent. Le P. Bosmans indique fort bien les difficultés matérielles qui durent amener l'interruption regrettable de cette publication. — L'existence de ce travail d'Adrien Romain avait été affirmée par Valère André dans sa *Bibliotheca Belgica* (édition de Louvain, 1643). La Bibliothèque de Douai en possède un second exemplaire.

(2) Mahumed filius Moysi sicut primus omnium invenit, ita et primus omnium conscripsit Algebram linguâ Arabicâ : quo autem tempore mihi non constat. Opus vero ejus ex Arabico in Latinum transtulit Robertus Cestrensis in civitate Secobiensi anno 1183. Est in Bibliothecâ meâ scriptum ex liberalitate D. Thaddæi Hagecii. Titulus libri est, Liber restaurationis et oppositionis numerorum etc. (P. 8 du Fragment.)

La date 1183 se rapporte à l'ère d'Espagne, dont le point de départ est le 1er janvier de l'an 38 avant J.-C. et qui fut usitée en Catalogne jusqu'au XIIe siècle.

Ce *Robertus Cestrensis* est bien Robert de Rétines. Nous avons dit, dans une note antérieure, comment les mauvaises lectures de certains graphismes gothiques ont amené sous la plume des copistes, au lieu de *Retinensis*, les formes *Ketinensis*, *Katinensis*, qui ont donné *Cestrensis* et même *Castrensis*.

(3) Au sujet de cette version et de la suivante, publiées l'une par Libri et l'autre par Boncompagni, voy. l'étude que A. A. Björnbo leur consacre dans la BIBLIOTHECA MATHEMATICA d'Eneström, 3e série, t. 6, 1905, pp. 239-241. — Le texte publié par Libri (*Hist. des Sc. Mathém. en Italie*, t. I, 1838, pp. 253-297) ne contient que la moitié de la matière du texte arabe publié en 1831 par Rosen.

d'ailleurs que dans le catalogue de ses traductions d'écrits arabes dressé par un contemporain figure le *Liber Alchoarismi, iebra et almucâbula tractatus*. Il existe de cette version au moins quatre copies, dont deux à Paris. — Une troisième version a été publiée par le prince Boncompagni en 1851 dans ses *Recherches sur la vie et les œuvres de Gérard de Crémone* (1) : il la croyait de Gérard, et le manuscrit du Vatican reproduit par le savant éditeur porte bien l'attribution *translatus a magistro guirardo cremonense in toleto ;* mais il paraît établi que l'attribution était mensongère. Le texte publié par Boncompagni ne peut être une version faite directement sur l'arabe, mais plutôt une accommodation ou, si l'on veut, une « modernisation » faite par quelque mathématicien italien, qui travaillait sur une version latine préexistante, peut-être sur la version même de Gérard de Crémone.

(A suivre.) B. Lefebvre, S. J.

III

ÉCONOMIE ET HISTOIRE FORESTIÈRES

A l'économie forestière se rattachent une foule de questions qui, sans être directement économiques, forment un ensemble logiquement uni à cette économie considérée à un point de vue très général. Ce n'est pas d'aujourd'hui que l'attention de nos lecteurs est appelée sur les importants travaux de M. le professeur Huffel en cette matière. En juillet 1905, une étude sur l'utilité économique des forêts (2) leur était présentée, appuyée sur les enseignements donnés par ce maître ; et en octobre 1906 le même auteur avait été mis largement à contribution pour un autre travail sur l'histoire politique et administrative des forêts depuis la Gaule antique jusqu'à nos jours (3). Enfin la livraison d'octobre 1907 contenait une notice bibliographique sur les trois volumes d'un ouvrage, alors complet, du savant écrivain (4).

(1) B. Boncompagni, *Della vita et delle opere di Gherardo Cremonese*, Roma, 1851. La version de l'Algèbre d'Al-Khorizmi y occupe les pp. 28-51.

(2) Revue des Questions scientifiques, tome VIII de la 3e série.

(3) Ibid., *La forêt gauloise, franque et française,* tome X de la même série.

(4) Ibid., tome XII.

Accueilli par le public compétent avec l'empressement qu'il mérite et épuisé en un petit nombre d'années, ce compact ouvrage en trois volumes grand in-octavo se prépare à renaître, mais cette fois en quatre volumes du même format et considérablement augmenté (1). Pour aujourd'hui, nous ne sommes encore en possession que du premier de ces quatre volumes, mais sous la rubrique plus modeste de *Première partie du tome Ier*, ce qui signifie que le tome Ier comprend deux volumes, le second devant être bientôt sous presse.

Cette première partie correspond, avec 342 pages, aux deux premiers Livres ou « Études » en 265 pages de l'édition précédente, lesquels, sous les mêmes titres spéciaux : *Utilité des forêts — Propriété et législations forestières,* contiennent des matières beaucoup plus étendues sous le premier de ces deux sous-titres, et presqu'entièrement nouvelles sous le second.

I

L'utilité des forêts ne consiste pas seulement dans les produits qu'elles livrent à la consommation : bois de chauffage, bois d'œuvre, pâte à papier, etc ; nous l'allons bientôt voir. Encore l'importance relative des produits de la forêt a-t-elle beaucoup varié suivant les époques. Au Moyen Age, le bois n'ayant presque pas de valeur, l'un des principaux, le principal peut-être des produits qu'on recherchait dans les forêts, c'était, après le gibier, le miel, ou les essaims d'abeilles en vue de la cire, dût-on abattre les plus beaux arbres pour se procurer des essaims (Voir la note du bas de la page 5).

Peu à peu, à mesure que le sol boisé s'amoindrissait par le défrichement, les bois de feu acquéraient une valeur plus grande, laquelle, parvenue, dans la première moitié du dernier siècle, à son apogée, dut subir un commencement de régression devant la supériorité calorifique des combustibles minéraux. En comparant le nombre de calories produit par 2000 kilogrammes de bois séché à l'air, représentant environ 4 1/2 stères, à celui des calories produites par une tonne ou 1000 kilogrammes de houille, lequel nombre est de sept millions, on voit que nos

(1) *Économie forestière*, tome premier, première partie. Deuxième édition revue et corrigée, par G. Huffel, professeur à l'École nationale des Eaux et Forêts, un vol gr. in-8 de VII-342 p. 1911, Paris, Lucien Laveur.

4 1 2 stères de bois, pesant deux tonnes, ne produiraient guère que 765 000 calories. En sorte que s'il fallait fournir avec du bois la même somme de chaleur que celle obtenue par la houille extraite en France durant l'année 1910, une étendue boisée de quarante millions d'hectares serait nécessaire pour la réaliser annuellement.

Passons sur les bois de marine, de charpente, de fente, sur lesquels la nouvelle édition est conforme à la première. Cependant quelques indications nouvelles sont données sur la consommation comparée des traverses de chemins de fer en France et aux États-Unis, sur les avantages du pavé de bois, sur la fabrication et l'exportation des allumettes, avec de curieux graphiques établissant la marche comparée, dans certaines localités (Strasbourg et Bavière), des prix du blé ou du seigle avec celui des bois.

Les vicissitudes de la valeur des écorces à cuir de plus en plus délaissées, leur remplacement par les extraits tanniques tirés directement par macération du bois de certaines essences ; quelques renseignements supplémentaires sur le rendement des résines ; mais surtout le développement considérable et économique de l'obtention du gaz par la distillation du bois, dû à l'ingénieuse invention de M. Riché, enrichissent la nouvelle édition au chapitre des produits forestiers.

Celui de l'influence sur le climat, une seconde utilité des forêts, s'est accru de nombreuses expériences, en diverses stations météorologiques, sur la température soit du sol, soit de l'atmosphère en forêt et hors forêt et dans des conditions variées, avec, à l'appui, des tableaux soit en chiffres, soit en coordonnées. D'importantes observations pluviométriques, faites sur plusieurs points de l'Europe, sont aussi relatées dans la nouvelle édition, ainsi que des recherches dans divers postes agronomiques sur les orages à grêle et l'influence qu'ils subissent par suite de la présence et du voisinage des forêts.

Le chapitre relatif aux sources laisse subsister la même incertitude que naguère au sujet de l'action des forêts sur elles, nonobstant de nouvelles observations pratiquées en Suisse sur deux petits cours d'eau spécialement choisis à cet effet, et qui ne paraissent pas encore suffisamment concluantes, mais qu'il sera d'un grand intérêt de poursuivre.

La forêt de protection implique en son entier la double question de la préservation du sol des montagnes contre les dégradations causées par la torrentialité, et de la fixation des dunes

et des sables mouvants par le puissant enracinement de végétaux spéciaux, principalement des arbres résineux. La nouvelle édition se complète sur le premier point par la description de certains bassins de torrents alpins et des forêts qui les protègent, comme aussi par la discussion et la défense de la législation relative au reboisement, répondant aux attaques dont la loi de 1882 a été l'objet en ces dernières années. L'auteur est amené par là à exposer le but et l'objet de l'*Association pour l'aménagement des montagnes*, fondée par M. Paul Descombes, directeur honoraire des manufactures de l'État ; et dont le domaine, en janvier 1910, comprenait déjà 6761 hectares répartis en dix territoires des vallées d'Aure, d'Ossau, de Luchon et de Campan. Notre auteur reproduit même en note le « But » et le « Programme » de l'Association.

Pas de changements importants dans les paragraphes concernant, par rapport aux forêts, les inondations, les avalanches, la fixation des sables mouvants et des dunes.

Mais au chapitre V et dernier de la première « Étude », intitulé : *La forêt et les terrains improductifs et insalubres* et *Rôle esthétique des forêts*, on trouve, à la suite de « La forêt, instrument de mise en valeur des terres incultes » (Défrichements, Landes, la Sologne, la Champagne pouilleuse), un paragraphe entièrement nouveau, consacré à « La forêt, instrument de fertilisation des sols qu'elle occupe ».

Cette action fertilisante est étudiée successivement quant aux propriétés physiques et quant aux propriétés chimiques des sols, d'après les recherches du savant professeur E. Henry, consignées dans ses ouvrages (1). Au physique, la couverture morte, c'est-à-dire l'ensemble des débris végétaux de toute sorte, principalement des feuilles tombées, qui forment tapis sur le sol, fait éponge sur celui-ci et y retient l'humidité. Poids de cette couverture croissant avec l'âge des bois qui l'ont fournie, proportion d'eau retenue ou pouvant l'être par rapport à ce poids ; par là, fertilisation des sols secs à l'excès. Ameublissement du sous-sol par les racines des arbres et par le travail des lombrics. — Cette couverture morte se décompose peu à peu à l'humidité et se transforme en une matière brune ou noire de consistance pulvé-

(1) *Sols forestiers*, par E. Henry, professeur à l'École nationale des Eaux et Forêts, 1908.

L'azote et la végétation forestière (Revue des Eaux et Forêts et Annales agronomiques de 1897).

La forêt accumulatrice d'azote.

rulente, l'*humus*, mélange de principes minéraux et de diverses combinaisons organiques, obtenu par l'intervention de bactéries et de ferments les uns aérobies, les autres anaérobies, avec le concours de champignons à mycélium filamenteux, et même de divers animaux inférieurs tels que les lombrics ou vers de terre. Tout cela intervient dans l'humification de la couverture morte, phénomène d'ordre biologique et non purement chimique comme on le croyait naguère.

Là ne se bornerait pas l'action de la couverture morte. D'après les recherches de M. Henry elle aurait encore un rôle important de captation de l'azote, rôle encore incomplètement connu dans ses détails, mais qui est incontestablement d'ordre biologique, comme le prouvent les expériences de MM. Süchting (Allemand) et Montemartini (Italien) qui, ayant stérilisé des feuilles mortes, ont constaté que la fixation de l'azote cessait aussitôt.

Avant de clore l'analyse de la première « Étude » du volume qui nous occupe, mentionnons, dans le paragraphe affecté à l'assainissement par la forêt des régions insalubres, une note fort curieuse qui y a été ajoutée au bas de la page 227. Il y est constaté, d'après un article de La Presse médicale, dû à M. le Dr de Gaulejac, que la mortalité par la tuberculose est d'autant moindre que les contrées sont plus abondamment boisées et d'autant plus élevée au contraire qu'elle sévit dans des régions plus dépourvues de forêts. Nous nous bornons à citer les conclusions du docteur, sans entrer dans le détail explicatif du fait (1).

II

Nous arrivons à la deuxième « Étude », la plus complètement remaniée, pour ne pas dire entièrement nouvelle de cette seconde édition. Il s'agit ici de la propriété forestière et de sa législature, en premier lieu durant les périodes gauloise et gallo-romaine, en second lieu durant la période franque, c'est-à-dire sous les dynasties mérovingienne et carolingienne.

(1) Au point de vue esthétique de la question forestière, M. Huffel fait remarquer dans sa nouvelle édition que le mouvement d'opinion en faveur de *réserves* forestières aménagées en vue de la beauté et du pittoresque des paysages, n'est pas spécial à la France. En Bohême, en Bosnie, aux États-Unis, et notamment en Belgique grâce à la munificence du feu roi Léopold II, des réserves de ce genre ont été constituées, où l'exploitation économique est entièrement subordonnée à l'aspect paysager et pittoresque.

Sur la période purement gauloise les données sont peu nombreuses. On sait seulement, d'après Jules César, Pline et Ammien Marcellin, que les deux tiers du territoire compris entre les deux mers, les Pyrénées, les Alpes et le Rhin, étaient couverts de forêts, mais celles-ci très inégalement réparties, celles des montagnes composées principalement de résineux, celles de la plaine de chênes, de hêtres, d'érables, saules, ormes, bouleaux, buis et pins. Elles étaient parcourues par l'aurochs, l'élan, par nos espèces animales actuelles et par des porcs très nombreux et de taille énorme, redoutés à l'égal des loups, d'après Ammien Marcellin (1). Les animaux domestiques, bœufs, vaches, moutons, etc., y trouvaient aussi, et là seulement, leur pâture. Presque toute l'Aquitaine et la Lyonnaise étaient alors défrichées et cultivées, et contenaient le tiers de la population de toute la Gaule. Les vallées de la Loire, de la Saône et de la Seine l'étaient en partie. Mais au Nord-Est s'étendait l'immense forêt des Ardennes qui mesurait en largeur et longueur 350 et 740 kilomètres, et s'étendait du Rhin au pays de Reims d'une part, jusqu'aux environs de Dijon et de Besançon, englobant la Champagne et les Vosges, d'autre part. On ne sait rien de la législation des anciens Gaulois si ce n'est que, là où la terre était cultivée, ils pratiquaient la propriété individuelle, ce qui suppose, croyons-nous, un degré de civilisation plus avancé que chez les Germains, qui ne connaissaient que la propriété collective. Mais la forêt n'était pas même propriété commune ; elle était *res nullius* où chacun chassait, conduisait ses troupeaux, prenait le bois qui lui était nécessaire, à la façon dont on puise de l'eau à la rivière.

Les populations celtiques ou gauloises se répartissaient, comme on le sait, en un grand nombre de *cités*, véritables États indépendants les uns des autres (quatre-vingt-dix environ), les uns monarchiques, les autres démocratiques ou plutôt oligarchiques, et ne parlant pas tous la même langue. On sait que la cité comprenait plusieurs *pagi*, ou pays, et contenait, outre la ville principale ou chef-lieu, d'autres villes, des places fortes, *oppida*, des villages, *vici*, et des maisons isolées, *ædificia*.

Les cérémonies du culte druidique, notamment la récolte du gui sacré sur le chêne rouvre *(Quercus robur)* et sur ce chêne

(1) Ces porcs énormes et redoutés n'auraient-ils pas été tout simplement des sangliers ?

seulement, se pratiquaient dans des enceintes de la forêt réservées à cet effet.

Voilà, résumé, à peu près tout ce qu'on sait de l'état de la Gaule au moment où les Romains y pénétrèrent sous la conduite de Jules César.

Quand le grand homme de guerre et le grand administrateur qu'était César se fut rendu maître de la Gaule, il ne supprima pas l'organisation sociale qu'il y trouva, mais il la perfectionna et la centralisa. Ce vaste pays fut partagé en quatre provinces ; Narbonnaise, Aquitaine, Lugdunaise et Belgique. Les *cités* furent maintenues, le nombre en fut même augmenté ; mais du rang d'États indépendants elles déchurent au rang de circonscriptions administratives, surbordonnées au gouvernement de la province, et souvent les limites de la cité furent réduites à celles du *pagus*. Le nombre des *vici* s'accrut ; ils acquirent une personnalité civile et devinrent aptes à posséder des terres et des forêts. Ce fut le point de départ, avec les *fundi* dont nous allons parler, des *paroisses*, devenues par la suite nos *communes*.

Là ne s'arrêta pas le travail de réorganisation. Les Romains ne comprenaient pas qu'une terre pût être sans propriétaire. De là, pour définir la propriété du sol et donner une base assurée à l'assiette de l'impôt, César décréta, en l'an 44 *a. C.*, le cadastre de toute la Gaule. Cette vaste opération, commencée sous la direction du géomètre Didyme, ne fut terminée qu'un siècle et demi plus tard, sous le règne de Trajan.

Les *agrimensores* divisèrent le territoire agricole en domaines ou *fundi*. Le *fundus* comprenait l'*ager*, la *villa*, etc. Malheureusement des plans et des registres descriptifs des propriétés, appelés *polyptiques*, qui avaient été dressés en triple exemplaire, rien ne nous est parvenu (1). Mais un grand nombre de nos villages actuels sont, dans leurs limites, ce qu'étaient le *vicus*, le *fundus* ou la *villa* gallo-romaine.

Chaque domaine ou *fundus* comprenait, outre les terres cultivées, une forêt dont le maître s'attribuait la chasse mais où tous les habitants pouvaient prendre — probablement selon une certaine réglementation — le bois dont ils avaient besoin. Tout ce qui n'était pas compris dans les *fundi* et dans quelques espaces libres abandonnés aux *colons*, était forêt et attribué par le cadastre au fisc impérial, devenant ainsi propriétaire de plus

(1) C'était sans doute l'équivalent de nos matrices cadastrales et des collections de plans qui les accompagnent.

de la moitié du territoire gaulois *(Saltus publicus)*. Mais souvent les habitants du *fundus* ou du *vicus*, quand ils devenaient plus nombreux, défrichaient la portion du *saltus publicus* qui les avoisinait. Souvent même des concessions étaient faites légalement en vue de l'extension de la culture, l'immense forêt, encore inexplorée, étant improductive. De la sorte se multiplièrent les terrains agricoles. Puis le développement du commerce attirant les populations vers les villes, et surtout les exigences du fisc romain devenant intolérables, beaucoup de terres cultivées, abandonnées par leurs possesseurs, restèrent en friche, vers la fin du IIIe siècle, et finirent par se reboiser spontanément. De telle sorte que, dès la fin du VIe siècle, la Gaule se retrouvait aussi boisée, sinon plus, qu'elle ne l'avait jamais été.

Ensuite vinrent, avec leurs troupes à la solde de Rome, les princes barbares : Francs occupant tout le nord des Gaules, Burgondes à l'Est et au Sud-Est, Wisigoths au Sud-Ouest. Chefs militaires d'abord, les rois de ces peuples s'adjoignirent naturellement les attributions civiles, ou plutôt, elles leur échurent par la force des choses, lorsqu'il n'y eut plus, pour représenter l'empereur, de préfet du prétoire en Gaule (1), et de la sorte « ils se trouvèrent successeurs des Césars sans s'en rendre compte ». Ils installèrent leurs sujets sur les terres du fisc et dans les domaines des grands propriétaires gallo-romains.

Francs Saliens et Ripuaires, Burgondes et Wisigoths ne changèrent rien à la législation romaine, sous laquelle vivaient les Gaulois, mais gardèrent pour eux leurs lois respectives ; et comme les indigènes vivaient sous des lois écrites, ils voulurent, eux aussi, fixer par écrit leurs lois coutumières, qui devinrent les *Leges*. Le caractère essentiel de ces lois, au moins au début de l'occupation franque, est qu'elles étaient personnelles. Ce ne fut que plus tard et peu à peu, sous l'influence de la population indigène, qu'elles s'assimilèrent plus ou moins au droit romain.

(1) Tel était, sur ces rois barbares, le prestige de la Rome impériale, qu'ils se considérèrent toujours comme investis par elle et en recherchèrent les titres honorifiques. L'Empire d'Occident détruit, il restait l'empereur d'Orient à Constantinople. Tous les rois mérovingiens et même les premiers carolingiens se faisaient gloire de porter les titres romains de *magister militum*, *vir illuster*, etc. Charlemagne fut le premier qui dédaigna l'empreinte de la suzeraineté romaine. Mieux encore : trente ans après la mort de Clovis, soit vers le milieu du VIe siècle, la Gaule recevait encore et observait les lois promulguées par les empereurs à Constantinople (Cf. notre auteur, p. 263. Voir aussi Fustel de Coulanges : *Nouvelles recherches sur quelques problèmes d'histoire*, 1891).

Les diverses *leges* des bandes barbares avaient toutes des textes forestiers ; mais la plus intéressante, comme la plus importante, la moins accessible à l'influence romaine, fut la loi *Salique* que le Salien Clovis et ses fils rendirent, par leurs victoires sur les autres tribus, prépondérante, dans toutes les parties de la Gaule, où l'action des Romains avait moins pénétré. Encore les contrées qui forment aujourd'hui l'Alsace finirent-elles, après un petit nombre de siècles, par perdre jusqu'au souvenir de la législation des peuplades germaniques, pour suivre, comme les populations méridionales, exclusivement le droit romain écrit.

Notre auteur donne ici les traits essentiels des textes forestiers de chacune de ces *leges*.

D'ailleurs les textes de la période Mérovingienne parvenus jusqu'à nous sont extrêmement rares. Les célèbres capitulaires, ceux qui nous sont restés, sont dus aux Carolingiens. On cite cependant un capitulaire de Clotaire II, daté de 614, et contenant quelques prescriptions relatives aux forêts des églises et des particuliers. Dès l'an 780, Charlemagne adresse à tous ses sujets une *Admonitio generalis*, dans laquelle se trouve l'interdiction de défricher une forêt ou de planter une haie le dimanche. De ces capitulaires carolingiens, les uns sont des règlements administratifs plutôt que des lois ; les autres sont des lois véritables modifiant ou complétant les *leges*.

M. Huffel donne, en notes au bas des pages, le texte latin de tout ce qui, dans les divers capitulaires, concerne ou intéresse les forêts. Le dernier de tous est celui que Charles le Chauve rendit en 877 à Kiersy-sur-Oise sur la chasse dans certains domaines royaux.

Après ce capitulaire « le silence se fit ». Ce n'est que lorsque le pouvoir royal, en quelque sorte abandonné par la mollesse des derniers Carolingiens, eut repris ses attributions sous les dynasties capétiennes, que les ordonnances de nos rois touchant les forêts s'appliquèrent à tout le royaume.

III

Là ne se termine pas le tableau de l'état, au point de vue forestier, de la Gaule romaine et franque. D'importantes considérations sont encore développées sur la condition des biens, sur la propriété forestière sous la domination des conquérants « barbares », suivant la locution adoptée, comme aussi les

vicissitudes du sol boisé dans la Gaule franque, du Ve au IXe siècle. Nous reviendrons tout à l'heure sur ce dernier point.

Le *fundus* gallo-romain, domaine comprenant un ou plusieurs villages, *villæ, vici*, parfois même des abbayes, des terres, des bois, *(saltus publici)*, différents métiers (forgerons, charrons, tisseuses, brasserie, etc.), le tout réuni autour de la demeure du maître; et cette organisation qui réunissait en une sorte de clan tous les éléments nécessaires à la vie, se maintint durant plusieurs siècles, grâce aux *cours colongères* (1) et aux *portions* de villas (2). Réunis, à l'origine, autour du maître du *fundus*, les *villani*, c'est-à-dire les habitants de la villa, se groupèrent par la suite autour de l'église et constituèrent, comme on l'a dit plus haut, les paroisses rurales, nos communes actuelles.

Les massifs boisés reçoivent de nombreuses dénominations suivant leur étendue, leur destination et leur situation. *Silva*, *silva minuta* ou *credua*, *nemus*, *lucus*, *cagium*, FORESTIS, FORASTIS et enfin FORESTA, sont les principaux termes employés, avec chacun une acception spéciale et suivant les époques.

Quant aux contenances, elles ne sont données, en mesures de surface, que pour des massifs de peu d'étendue et entourés de terres cultivées. Pour les grandes masses, on n'indique guère que la longueur du périmètre, quelquefois la mesure linéaire en longueur et en largeur. Le plus souvent, l'importance d'une grande forêt n'est indiquée que par la quantité de porcs qui peuvent y trouver à se nourrir, à raison, par exemple, d'une tête par trois arpents (un hectare et demi).

On peut distinguer, durant la période franque, cinq catégories de propriétés forestières, savoir :

1° les forêts communes, *silvae communes ;*
2° les forêts royales, *silvae regis ;*
3° les forêts des particuliers, *silvae alicujus ;*
4° les forêts ecclésiastiques, *silvae Ecclesiae ;*
5° les forêts vicinales, *silvae vici.*

Il ne faudrait pas prendre les *forêts communes* de la période franque pour quelque chose comme nos forêts communales

(1) *Curtis*, cour, domaine rural; la cour colongère, la colonge était une *curtis* cultivée par des colons.

(2) Les *portions* de villa étaient les biens successoraux qui, à la mort du maître ou chef du *fundus*, restaient indivis entre les héritiers. Voir, dans la nouvelle édition d'*Économie forestière*, l'explication détaillée du fonctionnement des *colonges* et des *portions*, lesquelles n'ont pas peu contribué à la permanence plusieurs fois séculaire des *fundi* d'origine romaine.

appartenant à des communautés. La forêt commune est toujours la propriété d'un seul, ordinairement le maître du *fundus ;* seulement les tenanciers du domaine avaient en commun dans la forêt de nombreux droits d'usage sans la jouissance desquels ils n'auraient pu vivre. L'exercice de ces droits était réglé, suivant les pays, par la loi des Burgondes ou loi Gombette, la loi Salique, la loi des Ripuaires...

Les *forêts royales* provenaient, comme on l'a vu, de la mainmise par le fisc impérial sur les forêts inoccupées et *res nullius,* au moment de l'invasion romaine. Pour les Romains, l'empire était la gestion par un seul des intérêts de tous, de la chose publique, *rei publicae* (1), tandis que, pour les Mérovingiens, le pouvoir public comme le domaine fiscal étaient l'apanage, le domaine privé des rois. De là, à la mort de chaque roi, le partage du royaume entre ses fils, tout fils de roi devant être roi d'après la conception mérovingienne. L'expression de *res publica* disparut alors comme l'idée qu'elle représente.

Durant toute la période franque, aussi bien carolingienne que mérovingienne, les monastères, les églises ont possédé la pleine capacité d'acquérir la propriété par tous les moyens que connaissait la loi romaine, laquelle était celle de l'Église au sein de populations où les lois étaient personnelles. De fréquentes donations furent faites aux établissements religieux par les rois et les seigneurs ; beaucoup de petits propriétaires assuraient leur sécurité en donnant leurs forêts à de puissants voisins, seigneurs ecclésiastiques ou laïques, continuant d'ailleurs à y exercer une certaine jouissance. Les domaines des abbayes étaient parfois immenses et n'échappaient pas toujours à la spoliation exercée par les rois ou grands chefs mérovingiens comme Clovis ou carolingiens comme Charles Martel.

Il y aurait, sur toutes les péripéties des domaines et forêts de l'Église, une foule de détails du plus haut intérêt que nous ne saurions aborder ici.

Les forêts appartenant à des particuliers (généralement petits propriétaires), *silvae alienjus*, furent peu à peu absorbées par les grands domaines. Il est vrai, comme on vient de le voir, que les propriétaires dépossédés conservaient dans leurs forêts aliénées d'importants droits d'usage. Les grands possesseurs de domaines tendirent à restreindre ces droits ; on appelait *forestae*,

(1) Comme, en France, sous la monarchie capétienne. Mais chez les Mérovingiens la conception de l'Empire ou de l'État était toute différente.

les *sylvae* qui en étaient affranchies et qui se trouvaient ainsi fermées aux tenanciers. De là l'origine de l'*afforestatio* qui a tenu une si grande place dans l'exercice de la pêche et de la chasse au Moyen Age.

On a vu plus haut que le *pagus*, fraction ou province de la *cité* gauloise, contenait un certain nombre de villages, *vici*. Plusieurs d'entre eux, composés d'hommes libres, traversèrent toute la période franque en conservant leur autonomie ; et plusieurs de nos villages actuels proviennent de ces anciens *vici*. Si le *vicus* était propriétaire de bois, ceux-ci constituaient la *sylva vici*. Mais si probable qu'en soit la conjecture en raison de toutes les circonstances cocomitantes, cependant aucun texte jusqu'ici connu des périodes franque et gallo-romaïne ne paraît y faire allusion.

La Gaule, vers la fin du ve siècle, était, nous l'avons vu, redevenue aussi boisée, aussi « hérissée de forêts », qu'elle ne l'avait jamais été, l'on sait par suite de quelles circonstances. Les terres arables de la plupart des *fundi*, abandonnées par leurs habitants, s'étaient reboisées d'elles-mêmes et indépendamment, soit dit en passant, de la composition géologique et minéralogique des sous-sols, qu'on aurait voulu donner comme la cause unique et fatale de l'état boisé ou déboisé du sol sur toute l'étendue du pays que fut la Gaule (1).

Il fallut de nouveau, pour rendre des terres à l'agriculture, opérer de vastes défrichements. Ce fut l'œuvre très principalement des moines Colombiens (disciples de saint Colomban) et surtout des fils spirituels de saint Benoît. Aux temps carolingiens, de grandes étendues avaient pu subir l'effort de l'araire ou de la charrue ; et cependant on trouve encore à cette époque, bien que réduites, la plupart des grandes masses boisées de la Gaule romaine, mais non plus cette continuité désespérante qu'avaient rencontrée les légions de César, cheminant plusieurs semaines sous bois avant d'en pouvoir sortir.

Les déboisements continuèrent. C'était alors œuvre utile et sage, la France demandant à être peuplée de plus d'hommes que de massifs forestiers. Depuis, l'on est arrivé, de nos jours, à l'excès contraire. Mais la plupart de nos grandes masses boisées actuelles, domaniales ou princières, sont des restes, des débris de l'antique forêt gauloise.

(1) Cf. *Boisements, forêts et pâturages*, par M. F. Driot, dans la REVUE DES DEUX MONDES du 1er juillet 1910.

Tel est sommairement — trop sommairement faudrait-il dire — résumé, le tableau de l'économie forestière depuis l'Antiquité et le haut Moyen Age. Tous les documents, toutes les chroniques, tous les actes publics ont été, par l'auteur, lus et consultés : auteurs latins, rescrits impériaux, Grégoire de Tours, Sidoine Apollinaire, capitulaires, *leges* gombette, salique, ripuaire, il a tout compulsé, lu, étudié, citant tous les fragments intéressant les choses forestières. De telle sorte que quelqu'un qui voudrait composer sur la matière un travail, je ne dirai pas plus complet, mais plus développé, trouverait toute faite l'ingrate, mais nécessaire besogne de la recherche et surtout du choix des documents. Il n'apparaît pas qu'il ait jamais été fait sur le sujet une réunion de documents et de sources originales plus complète.

Les données finales que nous avons le plus écourtées sur les conditions et la répartition des forêts vers la fin des temps carolingiens, sont particulièrement dignes d'attention.

On voit aussi, en comparant l'historique dont se composent les paragraphes II et III de cette rapide étude, avec l'objet du Ier, combien les conditions de l'économie forestière ont varié entre les époques gallo-romaine et franque et les temps contemporains. Défricher et défricher encore était alors la grande nécessité économique quand la forêt dépassait considérablement en étendue la terre arable. Aujourd'hui où la limite d'équitable proportionnalité est depuis longtemps dépassée, la nécessité de replanter s'impose de plus en plus.

C. DE KIRWAN.

BIBLIOGRAPHIE

I

Leçons sur les séries de polynomes a une variable complexe, par P. Montel, Docteur ès sciences, Professeur au Lycée Buffon (Ouvrage faisant partie de la *Collection de monographies sur la théorie des fonctions)*. Un vol. in-8° de 128 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1910.

La si vivante collection que dirige M. Émile Borel reste un champ ouvert à l'activité des jeunes maîtres qui sont venus, depuis quelque années, grossir les rangs de la florissante école des analystes français. M. Montel est de ceux sur qui se fondent les meilleurs espoirs. Quelques travaux originaux, portant la marque du bon ouvrier, lui ont rapidement valu parmi le public mathématique une estime que ne pourra qu'accroître l'excellent petit volume que voici. On sait, depuis les belles recherches de M. Painlevé, l'importance qu'a prise le sujet traité. Sa mise au point, sous le rapport didactique, s'imposait. C'est à une fin de ce genre que tend, pour les nouveaux chapitres dont s'accroît sans cesse le domaine de l'Analyse, la collection dirigée par M. Borel ; de là, le volume qui nous occupe.

Écrit, comme les autres volumes de cette collection, pour être « accessible à des lecteurs possédant seulement les premières notions de l'Analyse », celui-ci s'ouvre par un chapitre de généralités sur les fonctions analytiques qui est, de fait, un exposé, remarquablement clair et très largement suffisant pour les besoins courants, des propriétés essentielles de ces fonctions où l'on peut voir l'une des pierres angulaires de l'édifice analytique moderne.

Le développement d'une fonction holomorphe en série de polynomes fait l'objet du chapitre suivant. On y trouve d'abord le théorème fondamental de M. Painlevé, qui remonte à l'année

1889 et a trait au cas d'une aire limitée à un contour convexe. Le cas général a été traité en 1897 par M. Hibert dont l'auteur expose la belle méthode reposant sur la remarque qu'un contour simple peut être considéré comme la limite d'une suite de contours analytiques à l'intérieur de chacun desquels la fonction est développable en série de polynomes. Cette méthode se lie, au reste, de façon intéressante, comme le montre l'auteur, à la considération des polynomes d'interpolation de Lagrange. Elle peut, en outre, être considérée comme résultant d'un théorème que M. Runge a donné dès 1885, sur la représentation d'une fonction holomorphe par une série de fonctions rationnelles, et dont l'auteur donne également la démonstration. Il rattache encore ces résultats à la méthode que M. Appell a fait connaître en 1882 pour représenter par des séries de fractions rationnelles les fonctions holomorphes dans une aire limitée par des arcs de cercle. Le chapitre se termine par d'intéressantes considérations sur les polynomes de Tchebicheff dans le cas des variables complexes, c'est-à-dire sur les polynomes qui, à l'intérieur d'un domaine fermé, fournissent, pour la représentation d'une fonction continue, une approximation supérieure à celle que donnerait tout autre polynome de même degré.

Toutes les méthodes dont il a été question jusqu'ici ont entre elles un lien constitué par l'intégrale de Cauchy, ne différant entre elles que par les procédés de calcul et d'approximation indéfinie de cette intégrale. En associant à l'emploi de cette intégrale le procédé de la représentation conforme, on obtient de nouveaux développements importants. Tel est l'objet du chapitre III. Pour la majeure partie, la matière en a été fournie par les intéressants travaux de M. Faber, dont les résultats constituent une généralisation importante des séries de Taylor en faisant correspondre à chaque domaine une famille de polynomes, qui ne dépendent que de la forme de ce domaine ; toute fonction régulière dans le domaine peut être représentée par la somme d'une série formée avec les polynomes de la famille.

L'auteur passe ensuite aux séries de polynomes convergentes dans plusieurs domaines, qui donnent lieu à ce curieux théorème que, pour des domaines donnés à contours simples, à l'intérieur desquels on considère des fonctions analytiques et régulières distinctes, il existe une série de polynomes convergeant uniformément dans chacun d'eux et y représentant respectivement ces diverses fonctions. A titre d'application de ce théorème général, il traite le problème de la représentation par une série de poly-

nomes d'une fonction ayant des points singuliers et fait voir, d'après M. Runge, comment on peut construire une fonction uniforme admettant une région d'existence donnée, pourvu que cette région soit d'un seul tenant et ne contienne aucun point frontière.

Dans le dernier chapitre, réservé aux séries convergentes de polynomes, il détermine dans quelles conditions une série a pour somme une fonction analytique, et il étudie la façon dont se comporte, au voisinage des points irréguliers, une suite de polynomes pourvue de tels points.

M. O.

II

Les fonctions polyédriques et modulaires, par G. Vivanti, Professeur à la Faculté des Sciences de Pavie, ouvrage traduit par A. Cahen, Agrégé de l'Université, Docteur ès sciences. Un vol. in-8° de 318 pp. — Paris, Gauthier-Villars, 1910.

M. Vivanti semble s'être assigné la tâche de frayer des chemins d'accès commodes et faciles aux régions les plus élevées de la science pour éviter, à ceux qui sont tentés d'y aller jeter un coup d'œil, l'effort d'une trop rude montée, et pour permettre aussi à ceux qui ont l'ambition de parvenir plus haut encore de ne pas s'épuiser dans le premier stade de leur ascension. Nous avons déjà eu l'occasion de signaler aux lecteurs de la Revue (1) l'essai de ce genre, traduit en français par M. A. Boulanger, par lequel M. Vivanti a mis à la portée du plus grand nombre les parties fondamentales de l'œuvre de Sophus Lie. Ce sont, cette fois, les admirables travaux de M. Félix Klein sur l'icosaèdre et les fonctions modulaires qui constituent l'objectif de l'auteur.

« Les *Leçons sur l'icosaèdre,* dit M. Vivanti, sont un modèle d'élégance géométrique et une véritable mine d'idées nouvelles et géniales, mais la lecture en est assez difficile ; elles renferment une foule de sujets dispersés et à peine esquissés ; et, lors même qu'on a saisi chacune des théories partielles, leurs points communs restent imperceptibles et n'apparaissent qu'après un long travail et un remaniement complet de toute la matière.

(1) Livraison d'octobre 1904, p. 610.

» Quant à l'Ouvrage sur les *Fonctions modulaires* (1), ses dimensions considérables et l'extrême variété des sujets qu'il renferme font qu'il ne se prête pas aisément à une première lecture. »

Et M. Vivanti ajoute modestement :

« Tels sont, du moins, les résultats de mon expérience personnelle. J'ai donc cru bien faire de publier l'œuvre d'élaboration accomplie pour mon usage personnel, facilitant ainsi au lecteur la compréhension de ces théories difficiles et lui épargnant un travail similaire, utile assurément, mais extrêmement pénible. »

Bien petit, sans doute, est le nombre de ceux qui seraient capables de fournir un tel travail ; mais, même à ceux-là, M. Vivanti a rendu un éminent service, étant donnée la peine qu'il leur en coûterait.

Nous ne connaissons pas le texte original de l'auteur italien, mais quel qu'il puisse être, nous pouvons être assurés que la traduction de M. A. Cahen ne lui a fait perdre aucune de ses qualités, car non seulement le texte français est d'une clarté parfaite, mais sa lecture offre encore un véritable attrait. Au reste, pour quiconque est vraiment épris de mathématiques, la réduction des propriétés des nombres à une forme géométrique simple, parlant aux yeux, exerce une séduction toute particulière. A ce point de vue, les rapports entre les substitutions linéaires et les rotations sur la sphère sont, pour l'esprit, la source de véritables jouissances que l'élégant exposé de M. Vivanti dispense abondamment.

Toute la première partie du livre est, en effet, consacrée à la théorie des groupes polyédriques, née de la considération des substitutions linéaires et qui se ramène à l'étude des groupes finis de rotations d'une sphère sur elle-même et de leur amplification. C'est là un des exemples les plus frappants de ces liens mystérieux qui unissent les domaines en apparence les plus essentiellement distincts, comme sont ici la théorie des polyèdres réguliers et celle des équations algébriques. De même, la réduction au plan de la figuration d'abord obtenue sur la sphère, par le moyen d'une projection stéréographique, confère à ce mode tout élémentaire de transformation géométrique des figures une importance, au point de vue de l'avancement de nos

(1) Écrit, comme on sait, par M. F. Klein en collaboration avec M. R. Pricke.

connaissances analytiques, que ne pouvaient guère soupçonner ses premiers inventeurs.

La seconde partie contient l'application à l'étude des fonctions et des équations polyédriques et modulaires, des notions établies dans la première. L'auteur commence par étudier les formes invariantes fondamentales des divers groupes polyédriques et sous-groupes du groupe modulaire. En ce qui concerne ces dernières, après avoir établi l'existence des fonctions modulaires pour n'importe quel sous-groupe, il les construit effectivement dans quelques cas simples.

Quant aux équations obtenues lorsqu'on égale à une constante l'une quelconque des fonctions précédentes, il montre comment leur résolution peut se ramener à une méthode unique fondée sur la considération d'une équation différentielle de Schwarz.

L'ouvrage se termine par l'étude algébrique des équations polyédriques et de l'équation modulaire, faite au point de vue de Galois, et des conséquences qui en découlent en ce qui concerne la résolution algébrique des équations des degrés 3, 4 et 5. Le lecteur se trouve ainsi amené, par degrés en quelque sorte insensibles, au cœur même des théories les plus profondes de la haute algèbre.

M. O.

III

Dr Gino Loria, ord. Professor der höheren Geometrie an der Universität Genua. Spezielle algebraische und transzendente ebene Kurven. Theorie und Geschichte. Autorisierte, nach dem Italienischen Manuskript bearbeitete Deutsche Ausgabe von Prof. Fritz Schütte, Oberlehrer am Stiftischen Gymnasium zu Dühren. Zweite Auflage. Zweiter Band. Die transzendenten und die abgeleiteten Kurven, mit 80 Figuren auf 6 lithographierten Tafeln. Un vol. in-8° de viii-384 pages. — Leipzig et Berlin, Teubner, 1911 (1).

J'ai présenté, en juillet dernier, aux lecteurs de la Revue, le tome I de la 2e édition du *Traité des courbes planes* de M. Loria,

(1) Ce volume fait partie des *B. G. Teubners Sammlung von Lehrbüchern auf dem Gebiete der mathematischen Wissenschaften mit Einschluss ihrer Anwendungen*. Band V, 2.

il avait pour objet les lignes algébriques. Le tome II, consacré aux lignes transcendantes et dérivées, est à tout point de vue digne du précédent ; même soin pris par l'auteur pour signaler tous les progrès réalisés dans l'étude des courbes depuis la première édition, même érudition dans les notions historiques, même souci de l'exactitude dans les indications bibliographiques ; en un mot, excellent travail.

A tout prendre cependant, comparé à la première édition, le tome II contient moins de changements que le tome I. Ceci, on le devine, n'est pas une critique, mais une simple constatation de fait. En d'autres termes, je veux dire que les courbes algébriques ont réalisé, en ces dernières années, plus de progrès que les courbes transcendantes et dérivées, et que telle est l'impression laissée par la lecture des deux éditions du *Traité* de M. Loria.

D'où vient cette différence ? C'est un peu, croyons-nous, question de hasard, dont on ne saurait donner de raison bien profonde ; les courbes algébriques ont intéressé davantage quelques géomètres ; voilà tout. Les courbes transcendantes n'offriraient-elles cependant pas un champ de recherches tout aussi fécond que les premières ? M. Loria le croit, et il n'a pas tort. Il y a là évidemment un terrain illimité ouvert à l'activité des jeunes géomètres et plein des promesses les plus riches.

Dès sa première édition, la *Théorie des courbes planes* laissait au lecteur une impression d'ensemble, qui s'est fort accentuée maintenant que l'ouvrage est divisé en deux volumes. D'une part, les lignes algébriques se présentent à nous en un tout compact, très complet, bien cohérent, méthodiquement étudié jusqu'aux lignes du 4e degré inclusivement ; il n'y a qu'à continuer dans la même voie en prenant pour point de départ les lignes du 5e degré. Les courbes algébriques semblent désormais devoir fournir une matière inépuisable d'intéressantes questions d'examen, ou d'utiles exercices d'élèves d'université, plutôt qu'un objet de grandes découvertes.

Rien de pareil, au contraire, pour les courbes transcendantes. On n'aperçoit pas le lien qui les unit. Chez elles, nul ordre logique et par conséquent nulle classification naturelle. Elles possèdent, il est vrai, des propriétés nombreuses, parfois même fort intéressantes ; mais celles qui leur sont communes, telles les tangentes ou les asymptotes, appartiennent presque toutes aussi aux courbes algébriques ; les autres sont isolées et par le fait même relativement stériles.

Faut-il désespérer d'avoir un jour, sur les courbes transcendantes, une vue d'ensemble rappelant celle que l'*Enumeratio linearum tertii ordinis* de Newton a projetée autrefois sur les courbes algébriques ? M. Loria ne le croit pas. Ce devrait être là, dit-il, l'œuvre du xxe siècle, et un géomètre pourrait y immortaliser son nom. Souhaitons-le avec l'auteur ! Puisse son beau travail y avoir contribué !

En rendant compte de la première édition, j'ai donné au long le plan de M. Loria (1). Il a été conservé dans ses grandes lignes et je n'y reviens pas ; qu'il me suffise d'indiquer certaines modifications de détail.

Les courbes trigonométriques et hypertrigonométriques formaient dans la première édition l'objet du chapitre 16 des courbes transcendantes. On ne voyait pas bien pourquoi leur étude était rejetée si loin. Ce sont les plus simples des courbes transcendantes, celles qui se présentent les premières à la pensée et dont l'examen s'impose donc tout d'abord. M. Loria en fait cette fois l'objet du chapitre 2. Cette amélioration s'indiquait d'elle-même.

J'eusse effectué, me semble-t-il, un autre changement du même genre. Après les courbes trigonométriques on songe naturellement aux courbes logarithmiques. L'auteur y consacre le chapitre 17. N'eût-il pas mieux valu en faire le chapitre 3, et les étudier immédiatement après les courbes trigonométriques ? J'eusse d'autant plus déplacé ce chapitre qu'il y avait pour cela une deuxième raison. A la fin de ce chapitre M. Loria nous donne la primeur d'un problème de M. Burckhard (2) sur les projections, dont la portée est des plus vastes. L'auteur l'intitule (p. 160) *Exkurs über eine allgemeine Aufgabe* : digression sur une proposition générale. On ne voit pas bien sa raison d'être plutôt à la suite de la théorie de la courbe logarithmique, qu'après celle d'une courbe quelconque. Pourquoi dès lors ne pas énoncer le théorème aussitôt que possible ? On se serait approché du but, en faisant du chapitre 17 le chapitre 3.

La première édition se terminait par un épilogue formé par la réunion de deux parties assez disparates. C'était d'abord un tableau d'ensemble où l'auteur résumait à grands traits, en

(1) Livraison d'avril 1903.

(2) Il est emprunté à un mémoire de M. Burckhard, encore inédit, qui paraîtra incessamment dans l'Archiv der Mathematik und Physik, sous le titre : *Allgemeine Bestimmung derjenigen Kurven, welche ähnliche (kongruente) Projekstionskurven besitzen.*

7 pages, l'histoire du développement de la théorie des courbes ; c'était ensuite la théorie particulière des courbes panalgébriques. Seule la première partie de l'épilogue a été maintenue à sa place, dans l'édition actuelle ; le sujet y gagne en à-propos et en intérêt. Quant aux courbes panalgébriques, elles ont été mises à la fin du premier chapitre de la théorie des courbes transcendantes, ce qui, encore une fois, vaut beaucoup mieux.

Les planches lithographiées hors texte ont été refaites et augmentées de plusieurs figures nouvelles. L'impression du volume est des plus soignées, digne de la grande réputation de la maison Teubner. M. Loria est parvenu à mener à bon terme un utile et beau travail. On ne saurait trop l'en féliciter.

H. Bosmans, S. J.

IV

Géométrie descriptive par R. Bricard, Professeur au Conservatoire des Arts et Métiers, Répétiteur à l'École Polytechnique (Ouvrage faisant partie de la *Bibliothèque de Mathématiques appliquées de l'Encyclopédie Scientifique*). Un vol. in-18 jésus cartonné de 270 pages, avec 107 figures dans le texte. — Paris, Doin, 1911.

« Le Géométrie descriptive, dit très justement l'auteur dans sa Préface, participe de l'art autant que de la science, et l'on y devient habile plutôt que savant. Ce qu'il faut connaître est peu de chose, tant les principes sont près d'être intuitifs... » Il en résulte que, lorsqu'on les isole de la masse des exercices indispensables aux étudiants qui veulent arriver à les appliquer couramment, ces principes sont susceptibles d'un exposé relativement succinct, tel que celui que M. Bricard s'est chargé de donner en un des petits volumes de l'*Encyclopédie Scientifique*, et que son expérience consommée lui a permis d'amener à une forme excellente. Lorsqu'il dit que, tout en abrégeant ou même supprimant certaines discussions et laissant de côté l'examen approfondi de quelques cas particuliers, il croit n'avoir été muet sur rien d'essentiel, il ne fait point une affirmation hasardée. Tous ceux, au contraire, à qui le sujet est familier seront d'accord pour lui reconnaître ce mérite qui est d'un grand prix.

Un ouvrage ainsi compris ne peut évidemment prétendre à

être le manuel à mettre entre les mains du débutant ; mais, à l'étudiant déjà assez avancé qui ressent le besoin d'introduire un peu d'ordre et de clarté dans ses idées, non moins qu'au technicien qui tient à rafraîchir ses souvenirs sur des notions antérieurement acquises et peut-être un peu effacées de sa mémoire, il rendra les services les plus sérieux.

L'exposé remarquablement clair et fort bien ordonné de M. Bricard, embrasse tout le champ classique de la Géométrie descriptive depuis les problèmes tout élémentaires sur la ligne droite et le plan jusqu'à ceux relatifs aux surfaces de révolution en général, aux surfaces du second ordre, et plus spécialement avec hyperboloïdes et paraboloïdes, aux surfaces réglées en général, et plus spécialement aux hélicoïdes, en passant par les polyèdres, les cônes et cylindres et la sphère. Tous les degrés de l'enseignement de la Géométrie descriptive, tel qu'il se donne dans les collèges et les écoles spéciales, se trouvent donc représentés dans ce mince volume et chacun d'eux, répétons-le, pour tout ce qu'il comporte d'essentiel. Les problèmes d'ombres, les projections cotées et les surfaces topographiques, les projections axonométriques font l'objet de chapitres spéciaux, aussi condensés que possible. Un dernier chapitre ouvre des horizons sur les applications pratiques de la Géométrie descriptive, avec deux exemples traités en détail, l'un emprunté à la charpente (aisselier avec assemblage à tenon et mortaise pour la consolidation d'un tréteau), l'autre à un problème d'astronomie pratique (durée d'éclairement, par le Soleil, d'une façade d'orientation connue, à une époque déterminée de l'année).

Les géomètres goûteront particulièrement, dans le chapitre consacré aux polyèdres, les élégants procédés de construction de l'icosaèdre et du dodécaèdre réguliers, dérivés des relations de ces polyèdres avec le cube.

Ph. du P.

V

Précis de Mécanique rationnelle, par P. Appell, Professeur à l'Université de Paris, et S. Dautheville, Professeur à l'Université de Montpellier. Un vol. gr. in-8° de 730 pp. — Paris, Gauthier-Villars, 1910.

Le grand *Traité de Mécanique rationnelle* de M. Appell (1), le plus savant et le plus complet des ouvrages similaires de langue française, dont l'éloge n'est plus à faire et dont l'autorité est partout reconnue, va bien au delà des stricts besoins de la généralité des étudiants, élèves des Facultés des Sciences ou des Écoles techniques supérieures. Nombre d'entre eux pouvaient même éprouver quelque embarras à extraire de cette mine, d'une si étonnante richesse, les matériaux dont ils avaient besoin. L'auteur lui-même, avec l'aide de M. Dautheville, est venu à leur secours. On retrouve dans le *Précis* les mêmes qualités que dans le *Traité,* dont il constitue une sorte de réduction ramenée au cadre de l'enseignement courant. Encore convient-il de dissiper un malentendu que pourrait créer ce terme de *Précis,* généralement réservé à des ouvrages de moindre envergure. Ce volume de plus de 700 pages, de grand format, est tout autre chose qu'un simple abrégé où la rigueur, où les discussions sont quelque peu sacrifiées à la brièveté. Seuls les développements — souvent d'un intérêt plutôt analytique — qui dépassent les besoins de la formation normale des futurs techniciens, et techniciens même d'ordre supérieur, sont laissés de côté.

Pour permettre au lecteur de se faire une idée du contenu de cet excellent ouvrage, il nous suffira, après ce qui vient d'en être dit, d'en indiquer les principales divisions.

La première partie, intitulée *Notions préliminaires,* comprend la théorie des vecteurs et la cinématique du point et des solides.

La deuxième partie, consacrée à la *Statique*, traite successivement de l'équilibre d'un système de points, d'un corps solide et des systèmes déformables.

C'est la troisième partie, réservée à la *Dynamique*, et qui occupe à elle seule plus des deux tiers du volume, qui constitue l'exposé de la Mécanique proprement dite. Elle traite successivement de la dynamique du point, de celle des systèmes, du mouvement d'un solide, du frottement, des percussions, du principe des travaux virtuels, des équations de Lagrange, de l'attraction et du potentiel, et se termine par les notions essentielles sur l'équilibre et le mouvement des fluides parfaits.

Les quatre-vingts dernières pages du volume contiennent un recueil abondant d'exercices émanant pour la plupart des

(1) Voir dans la REVUE le compte rendu détaillé de la 1re édition (livraisons d'avril 1894, p. 621, de juillet 1896, p. 260 et de janvier 1903, p. 273).

examens de licence des Facultés françaises ainsi que des concours d'agrégation.

Ce livre ne tardera pas à devenir, dans le domaine de la Mécanique, le guide par excellence de l'étudiant de langue française.

M. O.

VI

Cours d'Astronomie, par H. Andoyer. Première partie, *Astronomie théorique*. Deuxième édition entièrement refondue. — Paris, Hermann et fils, 1911.

L'Astronomie théorique de M. Andoyer, dont la première édition a paru en 1906, marquera une étape dans l'enseignement de l'astronomie. Pour s'en rendre compte, pour apprécier ce livre comme il le mérite, on doit faire abstraction des détails et se placer à un point de vue plus élevé.

Tout problème d'astronomie mathématique de position est, en réalité, un problème de géométrie dans lequel les points portent des noms d'étoiles ou sont les centres d'astres ayant des formes généralement sphériques, parfois ellipsoïdales.

Toutes les questions relatives aux éclipses de Soleil, aux occultations ou aux passages, par exemple, se ramènent à l'étude de l'angle ayant pour sommet l'œil d'un observateur et dont les côtés passent par les centres de deux astres, ou encore à l'étude des coordonnées de ces points ou de n'importe quelles variables dont ces coordonnées dépendent.

Il résulte de là qu'une personne, familiarisée avec la géométrie ou l'analyse, ne devrait rencontrer aucune difficulté dans l'étude de l'astronomie. Pour lui exposer un problème astronomique quelconque, on devrait pouvoir se borner à énoncer le problème, à en signaler les particularités astronomiques, et à en indiquer la solution.

Comment se fait-il que cet idéal ne soit pas réalisé, et que l'étude de l'astronomie présente de sérieuses difficultés ? La réponse à cette question est donnée par M. Andoyer (p. 5) en ces termes auxquels nous nous rallions entièrement :

« La considération des triangles sphériques simples est insuffisante pour donner aux formules de la trigonométrie sphérique

toute leur signification, et spécialement pour les besoins de l'Astronomie. »

Si nous ne nous trompons, ces trois lignes dévoilent la préoccupation de généralité et de rigueur qui a guidé l'auteur dans toute la rédaction de son livre.

En présence de l'insuffisance de la trigonométrie usitée, deux solutions se présentent, à notre avis : 1° la suppression de cette branche des sciences mathématiques et la résolution des problèmes qu'elle comporte par la géométrie analytique convenablement généralisée ; 2° l'amélioration de la trigonométrie et de la géométrie analytique.

Afin de sauvegarder notre indépendance scientifique et de ne pas être en contradiction avec les éloges mérités que nous tenons à décerner à M. Andoyer, nous devons dire que nous avons adopté la première solution dans notre enseignement. Mais nous ne croyons pas avoir pour cela des raisons pour critiquer ceux qui adoptent une autre ligne de conduite, et notamment notre éminent collègue de la Faculté des sciences de Paris. On nous objectera peut-être que nous sommes l'unique partisan d'une solution radicale.

Nous répondrons à cela que *M. Andoyer est le seul auteur qui ait développé la deuxième solution d'une manière irréprochable.* La plupart des autres auteurs, au lieu de renvoyer le lecteur à n'importe quel traité de trigonométrie, exposent cette science en tête de leurs traités d'astronomie, sans rien changer à l'exposé habituel si justement critiqué par M. Andoyer. Celui-ci a fait mieux. Il a complété et généralisé les conventions, fait disparaître les ambiguïtés et exposé en tête de son livre (Ch. I et III) une trigonométrie sphérique et une théorie des coordonnées parfaitement appropriées aux besoins non seulement de l'astronomie, mais de la géodésie, de la topographie et des autres sciences mathématiques appliquées.

Les fondements étant ainsi établis avec rigueur et avec toute la précision requise, l'auteur traite, dans les chapitres suivants, le programme universitaire habituel de l'astronomie. Nous n'en finirions pas si nous devions signaler tous les passages où cette rigueur et cette précision ont porté leurs fruits.

C'est surtout dans le livre IV intitulé *Théorie générale des éclipses* que les qualités du nouveau traité se manifestent. Il nous semble même qu'il y a lieu de commencer l'étude de l'ouvrage par ce livre IV. On ne comprend certainement pas tout, et l'étude doit être reprise et complétée ultérieurement. Mais on se heurte

de cette manière à la plupart des difficultés visées par l'auteur dans ses premiers chapitres, on comprend l'utilité de ses généralisations, on pénètre à fond sa pensée, et on est à même d'apprécier toutes les finesses dont ces premiers chapitres fourmillent.

Quoi qu'il en soit, nous affirmons pour terminer que M. Andoyer, qui avait déjà enrichi — c'est le mot propre — la littérature astronomique par la publication de la première édition de son cours d'astronomie théorique, a sensiblement augmenté notre trésor scientifique par la publication de sa deuxième édition entièrement refondue.

E. Goedseels.

VII

Researches on the Physics of the Earth, including the New Theory of Earthquakes and Mountains Formation. Four Memoirs reprinted from the Proceedings of the American Philosophical Society held at Philadelphia, 1906-1908, by T. J. J. See, A. M., Ph. D. (Berol.), Professor of Mathematics, etc. Lynn, Mass., Thos. P. Nichols and Sons (In-8° de 140 + 109 + 47 + 120 = 416 pp.).

Les quatre mémoires de M. See développent une théorie d'après laquelle les montagnes sont formées par les mouvements de la lave sous l'écorce terrestre, ces mouvements étant causés par la pénétration des océans dans les fissures de l'écorce. L'auteur combat les vues des géologues qui trouvent la cause de la formation des montagnes dans le rétrécissement de l'écorce solide du globe.

1. Cause des tremblements de terre, de la formation des montagnes et autres phénomènes apparentés, en connexion avec la physique du globe (140 pp.). 2. Sur la température, le refroidissement séculaire et la contraction de la terre et sur les anciennes théories des tremblements de terre (109 pp.). 3. La nouvelle théorie des tremblements de terre et de la formation des montagnes, expliquées par le phénomènes actuels qui se passent dans les profondeurs des océans (47 pp.). 4. Recherches ultérieures sur la physique du globe et spécialement sur la formation des chaînes de montagnes, le soulèvement des plateaux

et des continents produits par les mouvements de la lave sous l'écorce terrestre à la suite de la pénétration séculaire du fond des océans dans les fissures de cette écorce (120 pp.).

M. See est aussi l'auteur d'un grand ouvrage de Cosmogonie en deux volumes : *Researches on the Evolution of the Stellar Systems* (I, 1896 ; II, 1910) où il développe une théorie très différente de celle de Laplace : Les systèmes stellaires, par exemple, notre système, ont, d'après lui, leur origine dans des nébuleuses en spirale, où l'attraction a produit des condensations donnant naissance aux soleils et aux planètes.

M.

VIII

L'ORIGINE DUALISTE DES MONDES. ESSAI DE COSMOGONIE TOURBILLONNAIRE, par E. BELOT. Un vol. grand in-8° de XI-280 pages, avec 52 figures et planches hors texte. — Paris, Gauthier-Villars, 1911.

Les COMPTES RENDUS de l'Académie des Sciences, de 1905 à 1908, le JOURNAL DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE (IIe série, 12e cahier, 1908) et d'autres publications périodiques ont fait connaître les recherches cosmogoniques que M. Belot poursuit depuis plusieurs années, et l'hypothèse dualiste et tourbillonnaire à laquelle ces recherches l'ont conduit. Le livre qu'il publie aujourd'hui est l'exposé didactique et synthétique de ces travaux. Il s'adresse à la fois aux savants qui y trouveront la genèse, le développement mathématique et les preuves physiques d'une conception neuve et originale de la formation des systèmes solaires, et aux esprits cultivés, curieux des résultats obtenus et d'une vue d'ensemble de cette très intéressante cosmogonie.

Rien ne la rattache à l'hypothèse de Laplace ni aux remaniements qu'elle a subis.

L'illustre auteur de l'*Exposition du système du monde* part d'*un seul corps primitif :* une nébuleuse en rotation, et il lui applique les lois de la *mécanique newtonienne :* la nébuleuse s'entoure successivement d'anneaux isolés d'où doivent sortir les planètes. Laplace s'attache à expliquer *leurs révolutions et leurs rotations,* en tenant pour négligeables ou, au moins, pour étrangères au problème des origines, certaines particularités

de notre système solaire, telles que les inclinaisons des axes de rotation sur le plan de l'écliptique, les excentricités des orbites et la translation de l'ensemble vers la constellation d'Hercule. Aux yeux de ceux qui n'ont point approfondi les difficultés que soulève cette hypothèse et distinguent mal les causes qu'elle met en jeu, le monde de Saturne et les expériences de Plateau sur les liquides soustraits à la pesanteur fournissent une sorte de preuve matérielle de cette conception cosmogonique, le fait est qu'elle ne conduit à *aucune loi, à aucune conséquence mathématique vérifiables* et que le progrès de nos connaissances, loin d'affermir ses bases, les a plutôt ébranlées.

Pour M. Belot, « tout système sidéral a dans son existence deux périodes succédant insensiblement l'une à l'autre, la période tourbillonnaire ou cartésienne, et la période newtonienne régie par la gravitation universelle ». Il part, non plus d'un seul corps, mais de *deux corps originels :* une nébuleuse amorphe et un *tube-tourbillon*. Il fait table rase de toutes les méthodes actuelles de la mécanique céleste spécialement créées pour les astres isolés obéissant à leur attraction : la loi de Newton ne joue à l'origine aucun rôle appréciable, non plus que dans le calcul des trajectoires des rayons cathodiques, grâce à l'extrême dispersion des molécules matérielles et aux vitesses, de l'ordre de celle de la lumière, dont elles sont animées. C'est à une mécanique toute différente, *la dynamique des tourbillons,* que l'auteur fait appel et aux expériences de laboratoire qui lui servent de bases. Le but qu'il poursuit est de rechercher « par la pure logique appuyée sur l'expérience », comment les corps de notre système planétaire et leur ensemble ont pu réaliser *tous les mouvements qu'on y constate actuellement*, et toutes les particularités qui caractérisent ces mouvements. Les faits d'observation concernant les *Novae,* l'existence des filaments nébuleux, tels que ceux qui relient entre elles plusieurs des Pléiades, les expériences de laboratoire sur les tourbillons gazeux lui fournissent un appui solide et, en quelque sorte, la réalisation expérimentale de son hypothèse. Enfin — et ceci surtout donne du prix à ses travaux — la cosmogonie tourbillonnaire le conduit d'emblée à l'établissement de trois lois nouvelles du système planétaire, vérifiées avec une précision remarquable.

Entrons dans quelques détails.

A l'origine du monde a existé un tube-tourbillon de matière gazeuse (ou ultra-gazeuse) doué d'une grande vitesse de trans-

lation ; son axe était dirigé vers l'Apex du système solaire, et le plan de sa rotation (de sens direct) était parallèle à l'écliptique.

Ce tube-tourbillon a heurté, dans un choc analogue à celui d'une *Nova*, une nébuleuse amorphe douée d'un mouvement de translation faible par rapport à la sienne, mais privée de rotation.

Par le choc, le tourbillon, en pénétrant dans la nébuleuse, vibre et sa longueur se partage en ventres et en nœuds équidistants.

A chaque ventre de vibration, le tourbillon émet une couche extérieure de sa matière en une nappe évasée sous forme de tulipe concentrique au tourbillon et divergeant autour de son axe.

Les profils de ces nappes étant des courbes logarithmiques, les distances du centre auxquelles elles rencontrent un plan parallèle à l'écliptique suivent une loi exponentielle. Or *cette loi se trouve être précisément la loi réelle des distances de nos planètes au Soleil et des satellites à leur astre central.*

Pour que se ramasse en un point d'une nappe ou d'un anneau de révolution autour du tourbillon primitif toute la matière qu'il contient, il suffit d'une dissymétrie dans le plan de cet anneau. Cette dissymétrie, qui est imputée au hasard dans l'hypothèse de Laplace, est imposée ici par la vitesse relative V_0 de la *nébuleuse amorphe :* elle entraîne la formation *unilatérale de tourbillons planétaires* dont chacun finit par absorber toute la matière de la nappe qui lui donne naissance.

Les planètes ainsi formées tournent sur elles-mêmes ; les inclinaisons de leurs axes de rotation sur l'écliptique sont données théoriquement par celles des tangentes aux profils des nappes planétaires aux points où elles coupent l'écliptique. Or, cette loi théorique est très correctement vérifiée par les inclinaisons réelles des axes planétaires dans notre système.

Arrivé là, il est possible de calculer 1° la dimension transversale de la nébuleuse primitive : on trouve 81 fois la distance du Soleil à la Terre, depuis le point de choc du tourbillon jusqu'à l'écliptique ; 2° le temps mis par le tube tourbillon à parcourir cette distance avec une vitesse uniformément retardée : il dure 2 ans environ, ainsi en est-il des *Novae ;* 3° la vitesse initiale du tourbillon au moment de la rencontre avec la nébuleuse : elle atteint 75 000 km. à la seconde, le quart de la vitesse de la lumière.

Ainsi, toutes les planètes seraient contemporaines ; leur détermination en tant que masse géométrique de leur système

aurait précédé de beaucoup celle du Soleil dont nous parlerons plus loin.

Ce n'est pas tout. La théorie indique que la nébuleuse se partage en deux régions : l'une intérieure où ne peuvent se produire que des *rotations directes*, l'autre extérieure, où se produiront des *rotations rétrogrades :* les faits sont ici encore d'accord avec la théorie, et la rotation bizarre d'Uranus est expliquée par la formation d'un *tore-tourbillon* à l'extérieur de la nébuleuse.

Signalons en passant l'explication des excentricités des orbites, liées ici très étroitement aux inclinaisons des axes de rotation, et la confirmation qu'elle reçoit du calcul *à priori* de l'excentricité de l'orbite lunaire à quelques dix-millièmes près ; bornons-nous à indiquer la possibilité, dans l'hypothèse tourbillonnaire, de planètes et de satellites rétrogrades, tels que le IXe satellite de Saturne, *Phébé,* et le VIIIe de Jupiter, et arrêtons-nous à une troisième loi nouvelle, celle *des rotations et des masses.*

M. Belot démontre que, dans son hypothèse, plus la masse du tourbillon planétaire augmente, plus la vitesse de rotation s'accroît. Ainsi s'explique ce fait paradoxal au premier regard : Jupiter, dont la masse vaut 310 fois celle de notre globe, tourne 2,5 fois plus vite que la Terre.

Bien mieux : pour la première fois, une formule permet de déduire de la durée de rotation de 3 planètes celle du Soleil : le calcul donne 24,5 jours et 28,5 jours comme limites de cette durée, d'après les hypothèses que l'on peut faire sur la constitution intérieure du Soleil : de fait, la durée de la rotation équatoriale du Soleil est de 25 jours.

Enfin, la liaison entre la rotation et la masse explique les petites planètes, la structure de leur système et, d'une façon générale, la loi de distribution des petites masses constatée dans le système solaire.

Sans entrer dans le détail de la formation du Soleil et de l'origine des Comètes, disons que l'astre central résulte, dans la conception tourbillonnaire, de la condensation progressive de deux traînées, dirigées vers l'apex et l'antiapex, suivant lesquelles le tube-tourbillon primitif, après avoir traversé la nébuleuse, étire celle-ci. Le Soleil serait donc bien postérieur aux planètes, mais les phénomènes qui se succèdent dans le tourbillon solaire reproduiront sur une très grande échelle ceux qui ont donné naissance aux planètes et aux satellites.

Quant aux comètes, elles seraient les résidus non condensés de ces traînées d'où le Soleil est sorti.

Pour couronner son œuvre, M. Belot nous donne une classification des systèmes sidéraux, relevant de son hypothèse, où les nébuleuses spirales trouvent leur détermination, au même titre que la formation d'un système à planètes.

En résumé, par une voie qu'il a lui-même largement ouverte, M. Belot démontre trois lois insoupçonnées de notre système solaire : cela seul donne à ses travaux une grande valeur. Mais il a rendu à la science un autre service en développant une théorie dont la fécondité s'affirme qui apparaît pleine de promesses.

« Comme une lumière soudaine jaillit à l'aurore d'une *Nova* ou d'un système solaire, écrit l'auteur, ainsi une clarté magnifique a lui dans les ténèbres de la Cosmogonie lorsque, délivrée du monisme de Laplace, elle est apparue dualiste et tourbillonnaire : le temps ne pourra que rendre cette lumière plus éclatante en multipliant les faits dualistes en Astronomie et en perfectionnant la théorie des tourbillons. »

N. N.

IX

Bibliothèque de l'Observatoire Royal de Belgique, à Uccle. Catalogue alphabétique des livres, brochures et cartes, préparé et mis en ordre par A. Collard, bibliothécaire de l'observatoire royal de Belgique. Fascicule I. Bruxelles, Hayez, 1910. — Un fascicule in-8° de 192 pages.

Le nouveau catalogue de la Bibliothèque de l'Observatoire d'Uccle n'est pas une réédition du catalogue publié en 1878, par Houzeau. Le titre de ce dernier suffirait pour nous en avertir : *Catalogue des ouvrages d'astronomie et de météorologie qui se trouvent dans les principales bibliothèques de la Belgique, préparé et mis en ordre à l'Observatoire de Bruxelles, suivi d'un appendice qui comprend tous les autres ouvrages de la Bibliothèque de cet établissement.* Bruxelles, Hayez.

Houzeau avait étendu son catalogue aux ouvrages astronomiques et météorologiques de toutes les grandes bibliothèques de la Belgique. Il continuera pour beaucoup d'entre elles à rendre

longtemps encore de bons services. M. Collard a préféré se restreindre au seul dépôt dont la garde lui est confiée. Vu l'exemple de Houzeau, peut-être pourrait-on le regretter, mais on ne saurait le critiquer. A agir autrement, le mieux eût été une fois de plus l'ennemi du bien. Les difficultés surmontées pour composer le catalogue de la seule bibliothèque de l'Observatoire sont déjà fort considérables ; étendre à la suite de Houzeau ce catalogue à toutes les grandes bibliothèques de la Belgique était courir à un échec.

M. Collard a choisi l'ordre alphabétique des noms d'auteurs. Je le félicite de l'avoir préféré à l'ordre systématique des matières. D'après beaucoup de bons esprits le catalogue systématique d'une grande bibliothèque est une utopie. Ont-ils tort ? Il est permis d'en douter. Et de fait, soyons de bon compte, quel corps de bibliothécaires possède, à la fois, science et temps nécessaires, pour pouvoir espérer réussir pareille entreprise d'une manière quelque peu raisonnable ? L'expérience est quotidienne ; à condition d'être moyennement maître de la bibliographie de son sujet, on est plus rapidement renseigné par un catalogue alphabétique, que par un catalogue systématique mis en ordre par un bibliothécaire, dont ce sujet n'est pas la spécialité.

Le fascicule I s'arrête au mot Cavalleri et contient 1914 numéros. Les tirés à part très nombreux sont tous accompagnés de l'indication du volume du recueil périodique dont ils sont extraits. Ce renseignement fait du catalogue de M. Collard un instrument de travail précieux, même pour les savants qui ne fréquentent pas la bibliothèque de l'Observatoire.

H. B.

X

Der Däne Claudius Claussön Swart (Claudius Clavus), der älteste Kartograph des Nordens, der erste Ptolemäus-Epigon der Renaissance. — Eine Monographie von Axel Anthon Björnbo und Carl S. Petersen. Neue Bearbeitung. Unter Mitwirkung der Verfasser übersetzt von Ella Lesser. Mit drei Karten, einer synoptischen Namentafel und einem Facsimile des neugefundenen Clavus-Textes. Innsbruck. Verlag der Wagner'schen Universitäts-Buchhandlung, 1909. — In-4° de VIII, 266 pages et 3 planches hors texte.

Claude Claussön (dit aussi Claudius Clavus Cimbricus), célèbre par ses travaux cartographiques et géographiques, est à d'autres points de vue presque un inconnu. Il naquit le 14 septembre 1388 au village de Sallinge dans l'île Danoise de Fünen, mais les détails biographiques sur le personnage sont rares. En 1886, Edv. Erslev l'identifia avec le cartographe Svartho, dit Claudius Niger, ou Claude Lenoir ; ce qui nous apprit quelque chose. Plus tard, Storm essaya une identification analogue avec le voyageur nommé par Poggio : *Nicolaus natione Gothus.* (Claussön = filius Nicolai). Bref, tout ce qu'on sait de la vie de Claude Clavus a été patiemment compilé avec preuves à l'appui par MM. Björnbo et Petersen au chap. IX du présent travail : *Clavus selbst und seine Bedeutung* (pp. 195-209). On ignore la date de sa mort.

C'est en France, il y a près d'un siècle, que l'attention fut appelée pour la première fois sur Claude Clavus. Peut-être n'est-il pas hors de propos de le rappeler ; car Beauvois, par exemple, auteur de la notice de Clavus dans la *Grande Encyclopédie,* a perdu le fait de vue. Dans les Mémoires de la Société Royale des Sciences, Lettres et Arts de Nancy, pour 1835, se trouvent deux travaux importants de Blau sur notre savant : *Mémoire sur deux monuments géographiques conservés à Bibliothèque publique de Nancy* (pp. LIII-LXIV) et *Supplément du mémoire sur deux monuments géographiques conservés à la Bibliothèque publique de Nancy* (pp. 67-105). Les deux monuments géographiques, dont il est question dans ces études, sont un globe terrestre en vermeil, sans intérêt au point de vue de Clavus, et le *Cod. Nanc. lat. 441.* Ce précieux manuscrit, terminé en 1427, fut la propriété du cardinal Guillaume Fillastre, mort en 1428. Formé en majeure partie d'une traduction latine de la *Géographie* de Ptolémée, par Jacques d'Angelus, il renferme en outre la *Description des pays du nord* de Claude Clavus, avec carte annexée. Texte et carte furent publiés par Blau. Le mémoire du savant français abonde en renseignements sur Fillastre, mais est à peu près muet sur Clavus. Ce sont MM. Björnbo et Petersen les premiers, nous venons de le dire, qui nous en apprennent vraiment plus long sur leur compatriote.

Quelques années après Blau, en 1544, Waitz réédita son travail, carte comprise, mais en le remaniant et en l'enrichissant de notes et de commentaires. Cette deuxième édition est beaucoup meilleure que la première. Ajoutez-y que les Mémoires de la Société des Sciences de Nancy, sont difficiles à rencontrer. Aussi l'édition de Waitz fit-elle vite oublier celle de Blau et servit

de point de départ aux travaux postérieurs. Impossible de les énumérer tous, mais il faut nommer au moins ceux de Nordenskiöld.

Les choses en étaient là en automne 1900. M. Björnbo travaillait alors à la Bibliothèque Royale de Munich et y collationnait des textes de mathématiques sur des manuscrits mis à sa disposition par différents dépôts de l'Europe. L'un de ces manuscrits renfermait une description géographique des pays du Nord, pièce que M. Björnbo regarda de prime abord comme digne de toute son attention. Il fit part de sa découverte à M. Petersen et se l'adjoignit pour l'aider dans des recherches ultérieures. Les deux savants conclurent de leurs études qu'ils avaient mis la main sur un nouveau travail de Clavus relatif à la géographie des pays du Nord, dont deux manuscrits de Vienne (Cod. Vindob. 3227, et Cod. Vindob. 5277) contenaient une transcription.

Tout ceci fit l'objet d'un premier mémoire publié en Danois, dans Det Kgl. Danske Videnskaberns Selskabes Skrifter. Il eut malheureusement le sort réservé, presque fatalement, à tous les travaux scientifiques écrits en dehors des grandes langues européennes : on ne le remarqua pas comme il le méritait.

Sans se laisser décourager les auteurs reprirent le sujet, le retravaillèrent de fond en comble, et eurent l'heureuse inspiration de publier, cette fois, le résultat de leurs recherches en allemand. Ils nous donnent un magnifique volume de grande érudition, très intéressant, plein de faits probablement nouveaux, mais en tout cas inconnus pour les lecteurs peu familiarisés avec les langues des pays du Nord de l'Europe. Par leur abondance et leur richesse même, les renseignements fournis se prêtent mal à l'analyse ; mais la traduction de la table des matières donnera une idée de l'ouvrage.

Introduction. — *Ch.* 1. Étude critique de la valeur de la carte de Nancy. — *Ch.* 2. Les cartes des types A et B de Nordenskiöld. — *Ch.* 3. Les manuscrits de Vienne : Codex Vindobonensis latinus 5277 et Codex Vindobonensis latinus 3227. Ce sont, avons-nous dit ci-dessus, deux copies d'un même texte original. — *Ch.* 4. Les éditions de la *Géographie* de Ptolémée parues à Ulm en 1482 et 1486. Les travaux géographiques de Schöner et de Friedlieb. — *Ch.* 5. Le texte des manuscrits de Vienne et les cartes qui en dérivent. — *Ch.* 6. L'orthographe des noms propres chez Clavus.

Ch. 7. Les deux textes de Clavus. — *A.* Édition du texte latin du manuscrit de Nancy et traduction allemande en regard. —

B. Édition du texte des manuscrits de Vienne et traduction allemande en regard. Les variantes principales sont données en note. — *Ch*. 8. Les sources où Clavus a puisé. *A*. Ptolémée. *B*. Les itinéraires. *C*. Observations personnelles, *D*. Sources concernant plus spécialement les régions du Nord. — *Ch*. 9. Clavus et sa valeur scientifique. Nous en avons dit un mot ci-dessus.

Suivent quelques appendices importants. — *App*. 1. Le texte annexé à la carte du Nord A, du Cod. Magliab. XIII, 16. — *App*. 2. Extrait du Registrum alphabeticum de Reger. — *App*. 3. L'orthographe des noms dans quelques copies manuscrites postérieures des travaux de Clavus. — *App*. 4. Reproductions fac-simile. — *A*. Les ff^os^ 192 r° — 194 r° du Cod. Vindob. 3227. — *B*. Les ff^os^ 271 r° — 276 r° du Cod. Vindob. 5277. — *App*. 5. Notes et additions.

Table alphabétique des noms de personnes. Table alphabétique des noms de lieux.

Reproduction fac-simile de la carte du Nord, du Cod. Magliab. XIII, 16. Reconstitution de la carte du Nord, d'après le texte des manuscrits de Vienne. Reconstitution de la carte du Nord, d'après le texte du manuscrit de Nancy.

H. Bosmans, S. J.

XI

L'Évolution des théories géologiques, par Stanislas Meunier, professeur de géologie au Muséum d'Histoire naturelle. In-12 de 364 pages, 1911. — Paris, Alcan.

Ce livre n'est pas, comme on le pourrait croire, une sorte de vue d'ensemble, une synthèse historique du développement graduel des connaissances géologiques depuis les premiers pas encore hésitants de cette nouvelle branche des sciences de la nature, jusqu'à la brillante efflorescence à laquelle elle est parvenue de nos jours. L'auteur se borne à exposer successivement les théories qui ont ou ont eu cours dans chacun des compartiments dépendants du domaine géologique, ou qui lui sont plus ou moins connexes. L'ensemble de son livre comprend, en plus de l'Introduction, quinze chapitres afférents chacun à une branche

spéciale : Cosmogonie, géogénie, géographie, orogénie, séismologie, etc., etc., sans grands liens entre eux.

Dans son Introduction, M. Stanislas Meunier fait allusion à l'empreinte profonde que le récit de Moïse, dans la Genèse, avait faite sur des savants et des géologues de la plus haute valeur, tels que Buckland, Deluc, Cuvier. Il omet de remarquer — ce qu'il n'était pas d'ailleurs tenu de savoir — que c'est par suite d'une erreur exégétique, qui n'a été pleinement mise en lumière qu'assez récemment, que ces savants avaient cru devoir attribuer aux récits bibliques une valeur scientifique en harmonie avec la science contemporaine, tandis que les auteurs des livres sacrés ne faisaient usage et ne pouvaient faire usage que de la science des temps où ils vivaient. L'orthodoxie est donc complètement désintéressée dans les écarts qui se peuvent rencontrer entre les théories scientifiques de nos jours et les données de même nature implicitement contenues dans les textes bibliques.

Dans cette Introduction l'auteur fait aussi allusion à l'erreur, *suivant lui,* de la théorie des expansions glaciaires, qu'il a exposée d'abord dans un mémoire présenté à l'Académie des Sciences (Comptes rendus, 10 mai 1897), puis dans sa *Géologie expérimentale* (1). Ce n'est pas qu'il conteste l'existence des anciens glaciers, au contraire ; mais il en nie les grandes expansions et explique la présence des anciennes moraines, boues glaciaires, roches polies ou striées, etc., par le recul progressif de petits glaciers qui auraient parcouru successivement tous les espaces supposés couverts par de vastes calottes de glace. Cette théorie avait été du reste magistralement combattue par le regretté A. de Lapparent, au Congrès de Fribourg, 18 août 1897, puis ici-même, au mois d'octobre suivant (2).

C'est probablement à l'occasion de cette hypothèse et de quelques autres à lui particulières, que M. Stanislas Meunier s'étend longuement sur le fait de théories généralement admises à certaines époques et qui ont dû être abandonnées plus tard. L'avenir dira si notre auteur aura raison contre les Daubrée, les Lapparent et tant d'autres géologues éminents, on si ceux-ci ont raison contre lui. On a vu des choses aussi surprenantes ; mais rien ne prouve que le fait doive se renouveler ici.

Les théories cosmogoniques telles que les expose M. Stanislas Meunier (il dit *cosmogéniques ;* la signification est la même, mais

(1) Un vol. in-8° de IV-321 p., 1904. Paris, Alcan.
(2) Livraison de fin octobre 1897, p. 531 et suiv.

la première forme est celle qui prévaut généralement), vont de Moïse à Laplace, Hervé Faye et M. Wolf. L'auteur, ici, s'approprie fort sagement les judicieuses observations dudit Hervé Faye, dans son beau livre *Sur l'origine du monde* (1), séparant les vérités d'ordre moral et religieux enseignées par la Genèse des données confinant aux sciences physiques qui les accompagnent.

En *géogénie*, la sphéricité de la Terre fut connue dès une haute antiquité, « d'après Strabon », dit notre auteur. Dès le ve siècle avant notre ère, les pythagoriciens, sinon au vi^e^ Pythagore lui-même, après eux Platon, Eudoxe, Aristote, Héraclide du Pont, Aristarque de Samos, et enfin Ptolémée, avaient, sans qu'il soit nécessaire d'invoquer l'autorité de Strabon, reconnu que la Terre qui nous porte est une sphère (2). L'auteur résume toutes les hypothèses et constatations faites sur la forme et le mode de formation du globe terrestre.

Suivent les théories géographiques, à commencer par la localisation des mers indiquée au verset 9 du premier chapitre de la Genèse, pour finir par les théories les plus récentes de la géographie actuelle, et par la *paléographie*, c'est-à-dire par les géographies afférentes aux diverses périodes géologiques.

En orogénie, la classification des montagnes, leur orientation, les théories successives imaginées pour expliquer leur origine, jusques et y compris les théories pentagonale et tétraédrique, sans que d'ailleurs l'auteur les fasse siennes, sont le sujet d'un chapitre qui suit celui de la géographie.

Nous ne saurions, sans dépasser les limites raisonnables, résumer, de la même façon, tous les exposés qui suivent. Ce sont d'abord les théories séismologiques, mêlées pour la plus grande part aux superstitions auxquelles ces phénomènes ont donné lieu ; c'est ensuite un exposé qui, plus que les précédents, rentre dans le domaine géologique proprement dit : il s'agit du métamorphisme, que suivent les théories *volcanologiques*, suivies elles-mêmes des théories *filoniennes*, *érosives*, fluviaires, glaciaires, sédimentaires.

Avec la paléontologie, nous rentrons en pleine géologie organique. La chronologie, en pareille matière, est nécessairement fort vague et très relative : nombre de systèmes ont été succes-

(1) Voir les trois éditions de cet ouvrage de 1884, 1895 et 1896. — Paris, Gauthier-Villars.

(2) Cf. *L'évolution de l'Astronomie chez les Grecs*, par J. Thirion, S. J., 1899-1900. Bruxelles, Lagaert.

sivement proposés, à l'occasion desquels l'auteur s'étend sur l'hypothèse, aujourd'hui abandonnée, des cataclysmes successifs qui auraient inauguré chacune des périodes par lesquelles a passé notre globe avant l'ère géologique actuelle ; il termine par quelques pages sur ce qu'il appelle l'*actualisme*, l'*uniformitarisme*, puis l'ACTIVISME pour lequel il ne dissimule pas ses préférences.

Enfin le volume se termine par un très court chapitre sur « les théories prophétiques ». L'auteur y cite les vues sur l'avenir et la fin de notre monde exprimées dans tous les temps soit sous l'empire de préoccupations religieuses, soit dans un esprit superstitieux, soit enfin appuyées sur des observations et calculs scientifiques.

Telle est, rapidement résumée, la substance de ce volume. Parler de la somme de science et d'érudition qui y est réunie serait, étant donné le nom de l'auteur, une véritable tautologie. Quant au plan de l'ouvrage, nous l'eussions préféré différent. Au lieu de ces chapitres indépendants les uns des autres et affectés chacun à un groupe de théories dont le lien avec celles des autres groupes n'est pas suffisamment indiqué, nous eussions préféré un travail d'ensemble qui eût été une histoire du développement corrélatif des différentes sciences dont l'ensemble a pour objet la connaissance de la lente formation du globe que nous habitons.

C. DE KIRWAN.

XII

LA CHIMIE MODERNE, par Sir WILLIAM RAMSAY, K.C.B. Ouvrage traduit de l'anglais par H. DE MIFFONIS. Deux volumes in-16. Première Partie : *Chimie théorique*. Un vol. de IV-162 pages ; seconde Partie : *Chimie descriptive*. Un vol. de V-276 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1909-1911.

Un ouvrage très profond et d'allure élémentaire, très précis et très clair, écrit par un vrai savant sur un sujet qu'il connaît à fond, est une bonne fortune pour un grand nombre de lecteurs. Tel est le livre de Sir W. Ramsay, qui s'adresse à tous ceux qui veulent connaître les idées des chimistes modernes et la solution des difficultés qu'on y rencontre.

La table des matières montrera qu'aucune question importante n'a été négligée.

La première partie surtout s'adresse à tous les esprits cultivés, curieux de science et à la recherche d'exposés lumineux et substantiels.

Première Partie. — Chap. I. Éléments. Phlogistique. Découverte de l'oxygène. Composés définis. Lois de Dalton. Lois des volumes de Gay-Lussac. Hypothèse d'Avogadro. Poids atomiques. Poids moléculaires. Loi de Dulong et Petit. Équivalents. Isomorphisme. — Chap. II. Pression osmotique. Lois de Mariotte, de Gay-Lussac, de Pfeffer et de Raoult. — Chap. III. Dissociation. Dissociation électrique ou ionisation. — Chap. IV. Corps simples. Méthode de préparation. Classification. Valence. Composés. Formules de constitution. Classification. Nomenclature. — Chap. V. Méthodes pour la détermination des équivalents des corps simples. Obtention de leurs poids moléculaires. Allotropie. — Chap. VI. Isomérie. Polymérie. Stéréo-isomérie. Tautomérie. — Chap. VII. Énergie.

Seconde Partie. — Chap. I. Corps simples. — Chap. II. Classification des composés. — Chap. III. Haloïdes. — Chap. IV. Hydrates. — Chap. V. Oxydes. — Chap. VI, VII et VIII. Anhydrides, acides et sels. — Chap. IX. Azotures et phosphures. — Chap. X. Borures, carbures et siliciures ; alliages. — Chap. XI. Uranium, radium, thorium et actinium.

R. N.

XIII

Travaux du laboratoire de matières médicales de l'École supérieure de Pharmacie de Paris, par MM. Ém. Perrot et A. Goris. Tome VII, 1910, 1 vol. in-8°. — Paris, 1911.

Comme les années précédentes, le Prof. Ém. Perrot a, avec l'aide de M. A. Goris, réuni en un volume les divers travaux sortis de son laboratoire. Ce volume ne le cède en rien à ses aînés. Il comprend six parties, dans lesquelles nous trouvons :

1. G. Masson. — Recherches sur quelques plantes à Saponière.

2. F. Borde. — Étude pharmacognosique du *Crithmum maritimum* L.

3. J. Merveau. — Recherches sur la viscosité et en particulier sur celle des gommes.

4. L. Crété. — Le Nété et quelques *Parkia* de l'Afrique occidentale.

5. L. Monnier. — Recherches sur les *Ulex*.

6. Ém. Perrot. — Étude pharmacognosique du *Nigrica Gabe*.

Id. — Sur la *Pseudocinchona*, A. Chev.

Id. — Une nouvelle forme galénique de préparations pharmaceutiques.

Id. — Sur l'extrait physiologique du café vert.

Id. — Les productions végétales de la Tunisie.

A. Goris et L. Crété. — Sur une cause d'erreur dans la détermination du pouvoir rotatoire de certaines pectines.

A. Goris et A. Wirth. — A propos de l'extrait de noix vomique et de l'unification des méthodes d'analyses.

A. Goris et G. Fluteaux. — État actuel de nos connaissances sur les plantes renfermant de la caféine.

A. Goris et G. Fluteaux. — Sur la Nupharine.

L. Aurousseau. — Action des vapeurs d'alcool sous pression faible sur les feuilles au point de vue de l'activité de quelques ferments.

Il y a, comme on le voit, une série de questions intéressantes qui ont été étudiés dans le laboratoire du Prof. Perrot pendant les années 1909-1910. Certaines d'entre elles ont de l'importance au point de vue colonial, telles les études sur le Nété, le café et les plantes de caféine, la Tunisie ; d'autres ont une porté médicale de grande importance, telle la petite étude sur la forme galénique nouvelle de préparations pharmaceutiques. Cette étude a d'ailleurs fait l'objet de communications au dernier Congrès de Pharmacie (Bruxelles 1910) et les résultats de la méthode avaient été exposés à Bruxelles.

É. D. W.

XIV

Hydrolyse de quelques Polysaccharides par le Botrytis cinerea, par H. Colin. Thèse de doctorat ès sciences. — Paris, 1911.

Tel est le titre d'une savante thèse par laquelle M. l'Abbé Colin, maître de conférences à l'Université catholique de Lille,

vient de conquérir avec la mention *très honorable* le doctorat ès sciences en Sorbonne.

Ce travail est une étude des dédoublements diastasiques opérés dans le groupe des sucres hydrolysables par une moisissure très commune, le *Botrytis cinerea*. L'expérimentation a porté sur les sucres suivants : saccharose, raffinose, gentianose, mélézitose, stachyose, lactose, maltose, tréhalose. L'auteur est arrivé aux conclusions que voici :

1° Le *Botrytis cinerea* est susceptible de végéter aux dépens de tous les polyoses énumérés. Les cultures effectuées sur ces différents sucres ne présentent pas de différences morphologiques essentielles : après des débuts plus ou moins rapides, selon que l'hydrolyse du sucre est plus ou moins facile, la moisissure s'organise en une toile mycélienne sur laquelle se dressent le plus souvent, vers la fin de la végétation, des filaments fertiles.

2° Aucun de ces sucres n'est *directement* assimilé par la moisissure : chacun d'eux subit, antérieurement à son assimilation, une hydrolyse préalable qui le transforme en hexoses *immédiatement* utilisables.

3° Le *Botrytis* élabore divers ferments solubles se rapportant à chacun de ces polysaccharides. Dans le cas des bioses, il n'intervient, évidemment, qu'une seule diastase ; avec les trioses tels que le raffinose, deux enzymes doivent exercer successivement leur action : l'un transformant le triose en un mélange d'hexose et de biose, le second hydrolysant le biose en deux molécules d'hexose.

4° La présence du sucre donné n'est du reste pas indispensable pour que la moisissure différencie l'enzyme qui correspond à ce sucre ; ainsi le mycélium venu sur glucose contient de la sucrase, de la maltase... etc. ; de plus, au moment même où le mycélium cultivé sur saccharose intervertit le plus activement le sucre de canne alimentaire, il élabore d'autres ferments que l'invertine, la maltase, par exemple.

5° Les enzymes relatifs aux sucres et secrétés par le *Botrytis* peuvent se ramener à deux types, selon qu'ils sont diffusibles ou non : le type *invertine* parfaitement diffusible et le type *maltase*, très adhérente à la pulpe. Les ferments du type invertine sont ceux qui déterminent l'hydrolyse faible du raffinose, du mélézitose, du gentianose et du stachyose, auxquels il faut ajouter l'émulsine. Les ferments analogues à la maltase sont, en les supposant tous différents : la lactase, la tréhalase, la mélibiase,

et, en général, ceux qui achèvent l'inversion forte des trisaccharides et du mannéotétrose.

6° Les diastases diffusibles se trouvent évidemment dans les liquides fermentaires ; au contraire, les diastases adhérentes, dans les macérés ; par conséquent, pour les mettre en évidence, c'est aux poudres fermentaires qu'il faut avoir recours.

Il résulte de ceci que l'on prendrait une idées très inexacte des actions diastasiques dont est susceptible une moisissure, si l'on se bornait à examiner l'activité des liquides obtenus par macération du mycélium.

7° Les propriétés de diffusibilité ou d'adhérence qui divisent les diastases du *Botrytis* en deux groupes, entraînent, à l'état de conséquences plus ou moins rigoureuses, des différences essentielles dans les transformations progressives du polyose alimentaire à l'intérieur du liquide de culture ; de même qu'on peut distinguer deux catégories de diastases, il est possible de ramener les cultures à deux types : les cultures sur saccharose caractérisées par la présence d'invertine dans le milieu nutritif et l'accumulation, dans ce milieu, des produits de l'hydrolyse du saccharose ; les cultures sur maltose, caractérisées par l'absence rigoureuse, dans le liquide nutritif, aussi bien de la maltose que du glucose résultant de l'hydrolyse du maltose.

Les cultures sur triose peuvent offrir successivement ces deux aspects ; c'est ainsi que les cultures sur raffinose présentent une première phase dans laquelle les produits d'hydrolyse, lévulose et mélibiose, apparaissent abondamment dans le milieu, et une deuxième phase où le mélibiose est utilisé, sans que le glucose et le galactose, résultant de son dédoublement, puissent être caractérisés dans le liquide de culture.

8° En ce qui concerne la spécificité des diverses diastases mises en évidence, l'hydrolyse des quatre polyoses : saccharose, raffinose, gentianose, stachyose, semble être le fait d'un ferment unique, l'invertine ; le dédoublement du gentiobiose doit être rapporté à l'émulsine ; la mélibiase se distingue nettement de l'émulsine mais s'identifie peut-être avec la lactase ; il est impossible de caractériser, dans le *Botrytis*, une mélézitase différente de l'invertine ; de même la tréhalase ne peut se séparer de la maltase ; quant à la turanase et à la manninotriase, il n'est pas possible de les identifier avec l'émulsine ; à ne considérer que les documents fournis par le *Botrytis*, on ne trouve pas de raison de les distinguer de la maltase ou de la lactase.

Ce travail, aussi remarquable par la méthode que par les

résultats, n'est qu'un commencement d'une série de recherches qui nous promettent de belles découvertes. Nous sommes heureux d'en féliciter le jeune docteur et de lui adresser nos vifs encouragements.

B.

XV

Laboratoriums technik par O. Bender. Un vol. in-18° de 150 pages et contenant 90 figures. — Hannover, Dr. Max Jänecke, 1909.

Le public compétent réserve plus que jamais ses faveurs aux encyclopédies, qui deviennent de jour en jour plus nombreuses. Cette vogue croissante des publications collectives est d'ailleurs justifiée, car l'apparition de chacune d'elles marque un réel progrès. En effet, le comité directeur de toute bibliothèque nouvelle, comprenant toute l'importance de la division judicieuse et rationnelle du travail (division qui s'impose, actuellement, d'une manière aussi impérieuse pour le domaine scientifique que pour l'ordre social), a soin de s'assurer le concours de collaborateurs de tout premier choix. Aussi chaque volume, dû à la plume d'un savant de renom ou d'un praticien autorisé, contient-il non seulement l'exposé substantiel et méthodique d'une question donnée, mais relate-t-il encore les derniers perfectionnements acquis ; à telle enseigne, que le problème est examiné, en définitive, dans son entièreté.

Pour la plupart des encyclopédies, un riche index bibliographique termine chaque volume ; ce qui permet au lecteur, désireux d'approfondir telle ou telle question, d'avoir recours aux sources documentaires voulues.

Le petit manuel, auquel nous consacrons les lignes suivantes, forme le n° 108 de la *Bibliothek der gesamten Technik* si appréciée des chimistes, ingénieurs et industriels, tant en Belgique qu'en Allemagne. Que de mécomptes, que de peines s'épargneraient les chimistes pratiquants, et spécialement les commençants, en consultant ce modeste recueil, bourré de renseignements des plus utiles, exposés d'une façon très simple, mais absolument originale ! Les tours de main, les petits trucs du métier, qu'on n'acquiert bien souvent qu'à la suite d'une

longue pratique et auxquels les traités classiques de chimie opératoire ne font guère allusion, sont examinés en détail. L'auteur n'a pas oublié davantage les mille et un riens, sans importance en soi, mais qu'il est si utile de connaître. Le texte est agrémenté de 90 figures schématiques d'une telle clarté qu'elle rend superflue toute explication complémentaire.

M. Bender partage son livre en onze chapitres, traitant respectivement : des instruments en général, du travail du verre, du travail du liège, de la prise d'échantillons, de la dissolution, de la filtration, des lampes à gaz, de l'analyse des gaz, de l'analyse élémentaire, de la pesée finale, de la détermination de la température.

Rien de ce qu'il importe à tout chimiste industriel de connaître n'a donc été omis dans l'excellent précis que nous venons d'analyser très sommairement.

Prof. J. Pieraerts.

XVI

Exploitation des mines. La Taille et les voies contiguës a la taille, par L. Crussard, Ingénieur au Corps des Mines, Professeur à l'École des Mines de St-Étienne (Ouvrage faisant partie de la *Bibliothèque de Mécanique appliquée et Génie de l'Encyclopédie scientifique*). Un vol. in-18° jésus de 383 pages avec 190 figures dans le texte. — Paris, Doin, 1911.

L'École des Mines de St-Étienne est destinée à former spécialement les ingénieurs chargés de la direction du travail dans les mines. Son enseignement répond donc avant tout à des préoccupations pratiques, et cette tendance s'accuse avec force dans le traité de l'exploitation des mines dont un distingué professeur de cette école, M. l'Ingénieur Crussard, vient de donner le premier volume à l'*Encyclopédie scientifique*. Ce premier volume est relatif à la taille et à sa liaison avec les organes permanents de la mine, soit au problème minier par excellence. Il traite successivement, avec tous les détails que réclame la pratique, de la situation de la taille dans la méthode d'exploitation, de l'abatage, du boisage, du foudroyage, du remblayage, de la desserte des tailles, et des voies contiguës à la taille, voies de niveau et voies inclinées.

Pour résumer d'un mot l'objet de ce volume, on peut dire qu'il contient, en quelque sorte, l'anatomie topographique du travail au chantier et de sa desserte immédiate sans aborder l'étude des services généraux que le programme général de la Bibliothèque indique comme réservée à d'autres volumes. L'étude de la méthode d'exploitation, notamment, n'est abordée que pour définir et situer la taille dans l'ensemble des travaux.

Dans le champ d'investigation ainsi délimité, l'auteur procède par la voie de l'exemple. En cette matière si spéciale de l'art des mines, mettant à part quelques problèmes d'un caractère nettement scientifique, on en est surtout réduit à se guider d'après les données du bon sens et de l'empirisme. En aucun autre domaine les règles que l'on applique ne procèdent davantage de ce qu'on est convenu d'appeler le « gros bon sens », prenant ainsi un caractère d'évidence qui risque même de les laisser passer inaperçues ; et aussi, nulle part ailleurs, on ne se trouve astreint de façon plus impérieuse aux exigences des circonstances particulières, au premier rang desquelles il convient de signaler les conditions infiniment variées de gisement. Il en résulte que les cas où l'on est conduit à violer les règles sont presque aussi nombreux que ceux où l'on se trouve en mesure de s'y conformer.

Pénétré de ces idées, l'auteur a donné à l'exemple, dans son exposé, une place tout à fait prédominante, à tel point même que son livre apparaît surtout — et ce n'est pas un défaut à nos yeux, bien au contraire — comme un recueil de monographies, ce qui rend à peu près impossible la tâche d'en présenter un résumé.

On peut toutefois signaler le soin extrême qu'a apporté M. Crussard dans le choix de ses exemples de façon à les rendre aussi vivants et caractéristiques que possible et de faire ainsi, en quelque sorte, toucher du doigt les circonstances propres à conduire à l'infirmation aussi bien qu'à la confirmation des règles généralement admises, et aussi de faire apparaître les liaisons entre les différents services qu'un exposé à la manière d'une anatomie fonctionnelle (et non pas topographique) eût risqué de laisser davantage dans l'ombre. A côté des cas qui peuvent être considérés comme classiques, il n'a pas craint d'insister sur les exemples rares et singuliers, et ce n'est pas là, selon nous, le moindre intérêt du livre.

L'auteur ne s'est pas interdit d'exercer largement sa critique, sous une forme, au reste, parfaitement discrète, s'efforçant de mettre en pleine lumière les exemples à ne pas suivre aussi bien

que ceux à suivre, et c'est ce côté critique qui confère véritablement à son œuvre une valeur scientifique.

Il va de soi que le livre est tenu au courant de l'état actuel de toutes les questions concernant le travail à la taille : abatage mécanique, desserte par couloirs, remblayage hydraulique, etc. En ce qui concerne notamment ce dernier point, on y rencontre nombre d'exemples inédits.

A la vérité, ce procédé d'exposé par l'exemple ne permet pas d'éviter certaines redites. Mais nous serions bien loin, pour notre part, d'en faire un grief à l'auteur qui, visiblement, ne s'est souvenu du vieux précepte de Sénèque :

Longum iter per præcepta,
Breve autem per exempla,

que pour le retourner, ce que justifie amplement le caractère très spécial de la matière qu'il avait à traiter.

L'ouvrage est de nature à se faire très bien venir de tous ceux qui, à des titres divers, ont à s'occuper de mines, et pour qui il sera un guide des plus précieux.

P. C. M.

XVII

Turbines a vapeur, par F. Cordier, chef d'escadron à la Section technique de l'Artillerie, Ingénieur électricien de l'Institut électrotechnique de Grenoble (Ouvrage faisant partie de la *Bibliothèque de Mécanique appliquée et Génie* de l'*Encyclopédie Scientifique)*. Un vol. in-18 jésus cartonné de 460 pages, avec 118 fig. dans le texte. — Paris, Doin, 1911.

Les turbines à vapeur constituent, au premier chef, ce que les rédacteurs des journaux quotidiens appellent un « sujet d'actualité ». Entrées depuis une quinzaine d'années seulement dans la pratique industrielle, elles y ont provoqué une véritable révolution dont les conséquences ne semblent pas encore près de toucher à leur terme. Le mode d'utilisation de la vapeur qui les caractérise, à savoir la mise en mouvement directe d'un organe à rotation continue, présente, dans nombre de cas, de tels avantages qu'à peine mis au point en ce qui concerne la pratique, il s'est trouvé appliqué sur une vaste échelle, arrivant,

en très peu de temps, à dépasser les prévisions les plus optimistes du début. Pour ne parler que des genres d'utilisation les plus importants de ces nouvelles machines, on se bornera ici à rappeler :

1° l'organisation des groupes électrogènes, pour laquelle le choix de la turbine, en raison de la bien plus grande facilité qu'il donne au couplage en parallèle et au maintien du synchronisme, semble aujourd'hui définitivement préféré ; 2° l'utilisation de la vapeur à très basse pression notamment pour les machines d'extraction des mines, de commande des laminoirs, les marteaux pilons, etc. ; 3° la propulsion des navires à grande vitesse ; 4° la commande des pompes, ventilateurs, compresseurs d'air, etc.

Cette généralisation de l'emploi industriel de la turbine à vapeur fait ressortir tout l'intérêt qu'offre un exposé d'ensemble, concis et bien ordonné, comme celui du commandant Cordier, où se rencontrent toutes les notions qu'il est essentiel d'acquérir sur ce nouvel engin mécanique.

Suivant le programme uniformément adopté pour tous les volumes constituant la *Bibliothèque de Mécanique appliquée*, celui-ci s'ouvre par un rappel des principes généraux régissant l'application spéciale qui y est traitée et qui concernent les propriétés générales de la vapeur saturée et de la vapeur surchauffée, l'évolution de la vapeur sous l'action de la chaleur, avec explication de l'usage du diagramme entropique, enfin les lois de l'écoulement de la vapeur, pour aboutir à l'établissement, d'après M. Rateau, des équations fondamentales des turbines.

Ces généralités constituent le Titre I, immédiatement suivi, sous forme du Titre II, de l'étude théorique et pratique des turbines dont la lecture (il s'agit de 140 pages environ, de petit format) peut amplement suffire à quiconque veut seulement acquérir une connaissance générale, au reste très suffisamment complète, des machines de ce genre. Après des généralités comprenant un historique sommaire et une classification, l'auteur étudie, à un point de vue général, le fonctionnement des turbines et examine avec soin les diverses pertes d'énergie qui s'y font sentir. Développant la théorie élémentaire de ces appareils, il indique la façon dont on peut procéder à leur calcul, notamment en utilisant l'ingénieuse méthode graphique, à la fois si simple et si expéditive de M. Rateau. La régulation fait l'objet d'un chapitre spécial, suivi d'une instructive comparaison entre la turbine et la machine à piston et d'intéressants aperçus

sur l'application des turbines à la commande des machines électriques, des pompes, des ventilateurs et des hélices propulsives.

Le Titre III, qui sera particulièrement apprécié des praticiens, entre dans tous les détails opératoires que comporte l'essai des turbines et le Titre IV, uniquement descriptif, passe en revue tous les types de turbines qui ont reçu jusqu'à présent la sanction de l'expérience industrielle : turbines à action, à chutes de pression (Laval simple ou compound, Rateau à une seule roue, Riedler-Stumpf, Bréguet, multicellulaire Rateau, Zoelly) ; turbines à chutes de vitesse (Curtis, Gadda, A. E. G., Electra, Belluzzo ; turbines à réaction (Brown-Boveri-Parsons, Westinghouse).

En raison de leur étroite connexité avec le sujet traité, par suite de la généralité de l'emploi des turbines dans l'organisation des groupes électrogènes, l'auteur consacre une intéressante annexe aux essais des génératrices électriques.

Il ne nous semble pas possible de donner sous une forme plus claire, et sous un plus mince volume, une idée plus complète de ce nouveau et très captivant chapitre de la Mécanique appliquée.

P. C. M.

XVIII

Ponts suspendus, par F. Leinekugel-Le Cocq, ancien Ingénieur de la Marine, Ingénieur en chef des établissements F. Arnodin (Ouvrage faisant partie de la *Bibliothèque de Mécanique appliquée* de l'*Encyclopédie Scientifique*) Deux vol. in-18 jésus de 374 et 330 pages avec 159 fig. dans le texte. — Paris, Doin, 1911.

L'art de construire les ponts suspendus a, depuis une trentaine d'années, été entièrement renouvelé. Le principal ouvrier de cette rénovation a été, en France, M. F. Arnodin, l'habile constructeur qui, après avoir débuté tout jeune sous la direction des frères Séguin, s'est signalé comme auteur de tout un ensemble de perfectionnements (auquel on fait aujourd'hui correspondre le terme de « dispositions amovibles »), ce qui lui a valu de se voir attribuer, en cet art très spécial, une maîtrise

incontestée. L'Ingénieur en chef de ses établissements, M. Leinekugel-Le Cocq (qui est en même temps son gendre) s'est, de son côté, appliqué, avec une rare habileté, à faire concourir toutes les ressources de la Mécanique analytique à asseoir solidement la théorie de ce genre d'ouvrage, en vue surtout de permettre son adaptation rationnelle aux circonstances diverses où il y a lieu d'y recourir. M. Leinekugel-Le Cocq était donc tout particulièrement désigné pour traiter le sujet (qui ne semble, au reste, pas avoir encore fait l'objet d'un exposé d'ensemble de forme didactique) dans une Bibliothèque qui vise, avant tout, à « l'application rationnelle de la théorie, poussée aussi loin que le comporte l'état actuel de la Science, aux problèmes tels qu'ils s'offrent effectivement dans la pratique... »

Il est, d'ailleurs, extrêmement intéressant de constater, à propos de cette application particulière, la remarquable concordance des déductions de la théorie avec les résultats de la pratique ; et, à ce point de vue, on peut dire que l'ouvrage de M. Leinekugel-Le Cocq n'est pas moins important par son côté scientifique que par son côté technique. Nous ne pouvons ici en donner qu'une idée assez sommaire. Au moins, nous efforcerons-nous d'en faire saillir les points les plus originaux.

Vu l'étendue du sujet, et la nécessité de n'en rien sacrifier (en raison précisément du défaut d'exposés d'ensemble y ayant trait), l'ouvrage a été divisé en deux volumes consacrés l'un aux ponts suspendus flexibles et semi-rigides, l'autre aux ponts suspendus rigides.

Le premier volume s'ouvre par un résumé historique du plus vif intérêt qui montre que l'art de construire des ponts suspendus, à quelques exemples isolés près, n'a commencé à s'affirmer qu'au début du XIXe siècle, qu'il était, en France tout au moins, tombé dans un discrédit à peu près absolu à la suite de quelques catastrophes retentissantes comme celle du pont de la Basse-Chaine, à Angers, en 1850, que ce sont les exemples venus d'Amérique qui lui ont permis de reprendre faveur sur notre vieux sol où, comme on vient déjà de la rappeler, les perfectionnements dûs à M. Arnodin ont puissamment contribué à son renouveau, enfin que l'adoption de divers systèmes de suspension indéformable l'ont rendu propre à de nouvelles extensions dont on ne peut prévoir le terme. Ce rapide historique est suivi de la définition des types principaux de ponts suspendus. Après quoi, l'auteur entre effectivement en matière en rappelant les propriétés essentielles des courbes funiculaires

et des câbles porteurs aériens, ce qui lui est déjà l'occasion de faire montre de qualités de géomètre.

Il s'étend ensuite sur la question capitale des câbles principaux où câbles paraboliques. L'étude très serrée qu'il en poursuit le conduit notamment à ce résultat fort important, savoir que l'égalité de la tension dans les différents câbles d'une même nappe ne dépend pas, comme on l'a souvent écrit (et comme on était, d'ailleurs, porté à le croire) de la plus ou moins grande habileté avec laquelle ces câbles sont réglés lors de leur pose. Il fait voir, de la façon la plus claire, en se servant de l'exemple d'un pont de 200^{m} de portée, qu'il est facile de faire en sorte que l'écart de travail entre les fils qui constituent les différents câbles d'une même nappe reste inférieur au $\frac{1}{100}$ du travail total, alors qu'avec les ponts à câble unique par tête, tels qu'on les construit en Amérique, l'écart entre le travail des fils de l'intrados et celui des fils de l'extrados peut atteindre un taux 40 fois supérieur.

Une autre particularité curieuse à relever dans cette étude des câbles principaux ou paraboliques est la démonstration, très nette, du fait que, lors de la fabrication des câbles à torsions alternatives, il est nécessaire que le pas de l'hélice soit un multiple fixe de chaque couronne pour que le travail par millimètre carré de section dans tous les fils composant ce câble soit le même. En passant en revue les différentes qualités des fils d'acier fournis actuellement par les tréfilières, il explique pourquoi la perte de résistance par l'oxydation est de 40 % supérieure dans les câbles fabriqués avec des fils résistant à 200 kg. par mm^2 à ce qu'elle est dans les câbles fabriqués avec des fils résistant à 100 kg. par mm^2.

Un paragraphe important est consacré à la déformation des câbles principaux et à l'action de la température sur ces câbles. L'étude de la déformation des câbles paraboliques des ponts suspendus (regardés comme infiniment flexibles), sous l'action soit de surcharges concentrées, soit de surcharges partiellement concentrées, a conduit l'auteur à un système d'équations dont les solutions simples permettent d'aborder la détermination des sections à donner aux câbles paraboliques des ponts à très grande portée, lorsqu'on se place dans une hypothèse très pessimiste. Cette hypothèse consiste à supposer que le tablier, même avec ses poutres raidissantes, manque complètement de rigidité sous le passage de surcharges concentrées voyageuses. On obtient

ainsi toute la sécurité désirable qu'aucun autre système de pont, ni aucune autre hypothèse ne peuvent donner au même degré. Cette solution a d'ailleurs été utilisée par l'auteur lui-même dans les projets de deux grands ponts en cours d'exécution, l'un à Bordeaux, l'autre à Anvers.

Il applique, en outre, ces résultats à montrer combien peu importante est l'action répartitrice des poutres de rigidité dans les ponts à très grande portée et de très grand poids. Les chiffres qu'il obtient ainsi pour le pont de Williamsburg (où pour une portée de 486^{m}40 l'abaissement maximum produit par un train de 700 tonnes s'étendant sur 100^{m} ne serait que de 0^{m}56) sont particulièrement frappants.

Il poursuit d'ailleurs l'étude de la déformation dans toutes les hypothèses qui peuvent se présenter, et l'étend au cas où elle a lieu sous l'influence d'une augmentation de travail. Les résultats, amenés à une forme simple, sont d'une application pratique aisée. Quelques exemples empruntés à des ouvrages existants soulignent d'ailleurs l'intérêt qui s'attache à la solution de tous ces problèmes.

L'étude de l'influence de la température sur le travail des câbles est faite avec non moins de soin et la comparaison de ses résultats avec ceux de l'observation accusent un excédent des premiers sur les seconds, condition propre à leur faire confiance au point de vue de la sécurité.

Quant à l'étude des câbles obliques ou haubans de rigidité, elle conduit l'auteur à une conclusion du plus haut intérêt. Des controverses ont eu lieu, en effet, au sujet de l'opportunité de l'emploi de ces organes dans lesquels on redoutait l'augmentation de travail produite par un fort abaissement de température. Par une analyse détaillée, l'auteur a clairement mis en évidence l'exagération de ces craintes et justifié l'utilisation d'un réseau de câbles obliques dans l'exécution des ponts suspendus semi-rigides de grande portée.

La solution des problèmes qui se posent à l'occasion des tiges de suspension permet encore à l'auteur de faire montre de son talent très distingué de géomètre. Là encore, il fait justice de certaines appréhensions exagérées touchant les efforts développés dans les tiges de suspension par le passage de surcharges voyageuses.

En ce qui concerne les poutres de rigidité, l'auteur se livre à une analyse critique des plus minutieuses de toutes les méthodes proposées jusqu'à ce jour pour le calcul de leurs

éléments. Il aboutit à cette conclusion que, parmi elles, seule celle de M. J. Résal serre de suffisamment près la réalité. Il y ajoute l'exposé de la méthode qui lui a servi à vérifier *par le fait,* sur un pont une fois construit, l'efficacité des poutres de rigidité. Vu l'inconnu qui pèse encore là sur le degré de confiance que peut inspirer la théorie, l'auteur en arrive à signaler comme le procédé le meilleur celui qui consiste à faire emploi de poutres semblables à celles qui ont fourni des résultats favorables dans des cas analogues.

Ayant enfin donné la description des pièces constitutives du tablier d'un pont suspendu, il étudie en détail l'action du vent sur un tel tablier et parvient, par une analyse ingénieuse, à des formules qui remplaceront avantageusement les formules d'un empirisme trop grossier admises jusqu'ici. La comparaison très intéressante qu'il fait, à ce point de vue, entre les ponts en arc et les ponts suspendus conduit à reconnaître à ceux-ci un avantage marqué. Pour attester l'intérêt pratique des formules en question, il suffit de dire que leur application au pont d'Anvers, en cours d'exécution, a permis de réaliser une économie d'environ 20 % sur le poids du métal utilisé dans le tablier pour le contreventement, en tenant compte de l'action de la pesanteur réellement antagoniste de celle du vent dans un pont suspendu, système en équilibre stable.

Le Tome II, avons-nous dit, est réservé aux ponts suspendus rigides. Ainsi que le remarque l'auteur, leur étude exige des connaissances de mécanique analytique et de statique graphique beaucoup plus étendues que celle des ponts flexibles, et il faut peut-être voir là un motif du peu d'emploi qui a été, jusqu'ici, fait par les constructeurs de ce type de pont qui offre pourtant de grands avantages. L'auteur apporte, à son tour, une importante contribution à cette étude. La caractéristique la plus importante de ses recherches tient à ce qu'il les fonde sur la théorie générale de l'équilibre du système de deux solides indéformables articulés entre eux et chacun à point fixe. Il a, de cette théorie générale, très heureusement tiré des formules applicables à tous les types de pont suspendu rigide, formules qu'il a d'ailleurs présentées à l'Académie des Sciences de Paris dans sa séance du 3 janvier 1911. Il traite à part de l'adaptation de ces formules générales aux types suivants de pont suspendu rigide : à câbles paraboliques et entraits rectilignes ; à ferme triangulée (système Gisclard) ; à entraits rectilignes et à membrures inférieures sinusoïdales (autre système Gisclard) ; à entraits et à câbles

paraboliques ; à câbles paraboliques et longeron horizontal avec articulation centrale ; à câbles paraboliques et poutre de rigidité avec articulation centrale. Il résout encore par les mêmes formules le problème de la poutre suspendue droite ou courbe à trois articulations.

Au cours de cette étude magistrale, qui lui fait le plus grand honneur et qui doit compter comme une contribution importante à nos connaissances en fait de construction de ponts, M. Leinekugel-Le Cocq s'est particulièrement attaché à établir les conditions nécessaires et suffisantes qui doivent être remplies pour que, sous l'effet des surcharges voyageuses concentrées ou partiellement réparties sur le tablier, la stabilité des efforts développés dans les membrures supérieures soit assurée. Une élégante démonstration géométrique conduit, au reste, l'auteur à une condition simple permettant le tracé des courbes décrites par les membrures inférieures au voisinage de l'articulation commune.

La conclusion très intéressante à laquelle aboutit l'auteur est qu'il est toujours possible de construire un pont de l'un quelconque des systèmes précités dans lequel tous les éléments des fermes de suspension travaillent uniquement à la tension, quelles que soient les charges et surcharges disposées sur le tablier.

L'étude du système de pont suspendu rigide du Lieutenant-Colonel Gisclard a été particulièrement poussée à fond par l'auteur qui fait voir que la comparaison des résultats prévus par la théorie et de ceux auxquels a conduit l'observation, lors des récentes épreuves du pont de la Cassagne, permet d'augurer que ce système de pont — et, plus généralement, tout système de pont suspendu rigide — rendra les plus grands services pour le franchissement des vallées profondes, de grande portée, par les chemins de fer de montagne.

Cette remarquable concordance de la pratique avec la théorie a, d'ailleurs, incité l'auteur à proposer une ingénieuse méthode de contrôle des formules théoriques à appliquer dans le cas de systèmes de pont rigide n'ayant pas encore eu la consécration de la pratique.

L'auteur aborde ensuite l'étude des ponts suspendus rigides, à haubans et à articulation, dont les premières applications sont celles qui ont été faites par M. Arnodin aux ponts transbordeurs de Nantes et de Marseille.

Dans un dernier chapitre, réservé aux calculs accessoires, il

établit, entre autres, avec une grande netteté, les conditions de stabilité des selles et chariots de dilatation, ce qui permettra d'obvier aux dispositions vicieuses si souvent adoptées pour ces organes et d'où résultent des efforts de renversement dans les piliers qui les supportent.

En manière de conclusion d'ensemble, l'auteur, envisageant l'avenir des ponts suspendus, émet l'opinion que ce sont les systèmes rigides qui s'adapteront le mieux aux nécessités de la circulation moderne. Ils offrent notamment l'avantage de permettre le passage des véhicules à toutes les vitesses, sans d'ailleurs constituer une solution plus dispendieuse que celle des ponts flexibles ; celui encore de ne requérir, dans la constitution de leur tablier, aucun élément parasite comme les poutres de rigidité, puisque leurs fermes de suspension sont indéformables dans les limites d'élasticité de la matière.

L'ouvrage se termine par des documents réglementaires concernant la construction, la surveillance et l'entretien des ponts en France, en Autriche, en Allemagne et en Russie.

Ph. du P.

XIX

Poussée des Terres, *deuxième Partie*. Théorie des Terres cohérentes. Applications. Tables numériques, par Jean Résal, Inspecteur-général, professeur à l'École des Ponts et Chaussées. Un vol. grand in-8° de 346 pages et 116 figures de la collection de l'*Encyclopédie des travaux publics*. — Paris et Liége, Ch. Béranger, 1910.

La première partie de cet ouvrage a paru en 1903 et traitait de l'équilibre des terres sans cohésion. M. Résal y a exposé une méthode rationnelle du calcul de la poussée subie par un mur de soutènement dans tous les cas qui peuvent se présenter.

Aujourd'hui, considérant que si le gravier ou le sable *pur* se rencontre assez fréquemment dans la nature, la plupart des terrains possèdent néanmoins une certaine cohésion due à la présence d'une quantité même minime d'argile, il s'attache à rechercher l'influence de cette cohésion sur la poussée et expose une théorie tenant compte de cette propriété.

Jusqu'à présent, dans le calcul de la poussée, les constructeurs suivant les principes de Rankine négligent systématiquement la cohésion et ne considèrent que le frottement. Toutefois les angles de frottement supposés et qui figurent dans les divers traités sont tous, d'après M. Résal, beaucoup exagérés et, par ce fait, tiennent compte indirectement de la cohésion. Des expériences récentes ont prouvé que les angles de frottement de 25° à 40° pour les terres argileuses sont purement hypothétiques et qu'ils ne varient en réalité qu'entre les limites de 8° à 10°30' !

Nous croyons utile de rappeler la définition de Coulomb sur laquelle est basée la théorie de M. Résal : « Pour une terre cohérente, la résistance à la rupture par glissement est exprimée par la somme de deux termes, l'un proportionnel à l'étendue de la surface de rupture qui représente la force de cohésion, l'autre proportionnel à la pression normale mutuelle des deux parties disjointes qui représente la force de frottement. »

Disons encore qu'il résulterait d'expériences qu'en appelant Δ le poids spécifique du terrain considéré, la cohésion C varierait entre les limites Δ et 3Δ et qu'elle est fort influencée par la proportion d'eau contenue dans le terrain et par son degré de compacité.

Le chapitre I contient l'exposé de la théorie de l'équilibre des terres douées de cohésion. Après avoir défini nettement ce qu'il faut entendre par la force de cohésion et rappelé les principales propriétés des terres cohérentes, l'auteur recherche et discute les équations générales d'équilibre d'un point situé à l'intérieur d'un massif de l'espèce. Puis il met en équation les lignes de rupture par glissement et celles par extension qui se produisent dans un massif indéfini.

M. Résal étudie ensuite l'épaisseur critique d'une couche de terre reposant sur une surface inclinée, ce qui l'amène à parler des conditions d'équilibre d'un coteau ondulé reposant sur une surface soit plane, soit ondulée ; dans le premier cas la dislocation du terrain sera localisée dans les zones où l'épaisseur croissante ou décroissante dans le sens de la pente passe par la valeur critique, dans le second cas elle sera générale. Il est toutefois à remarquer que cette valeur critique sera en fait plus élevée que celle fournie par le calcul par suite du travail mécanique correspondant à ces phénomènes de déformation.

L'auteur recherche ensuite successivement l'équilibre d'un massif à surface horizontale arrêtée soit à une paroi verticale, soit à une paroi inclinée ; il détermine la hauteur critique de

cette paroi en fonction des données spécifiques Δ, C et φ et fournit une méthode de détermination par calcul graphique de cette hauteur dangereuse comme de l'épaisseur critique.

Enfin le chapitre se termine par la recherche des conditions d'équilibre d'un massif à surface libre en pente ou en rampe arrêtée à une paroi inclinée.

Après avoir exposé sa théorie, M. Résal l'applique tout d'abord aux travaux de terrassement, ce qui fait l'objet du chapitre II.

Les divers cas de glissement de terrains qui peuvent se présenter sont dus, les uns à des causes naturelles, comme l'action de l'eau, les autres à des causes humaines, comme l'établissement de tranchées ou de remblais à flanc de coteau. Parlant des talus des déblais, l'auteur condamne le procédé fixant une inclinaison attribuable en toute sécurité à un terrain d'une nature donnée quelle que soit la profondeur de la tranchée, et il fournit une série d'indications pratiques pour les divers cas qui peuvent se rencontrer tant pour le creusement des tranchées que pour leur assainissement, pour l'établissement des remblais et l'emploi rationnel des perrés.

Le chapitre III est consacré entièrement à l'étude détaillée des murs de soutènement.

L'auteur commence par appliquer sa théorie au cas d'un terre-plein horizontal. Il résulte de l'influence de la cohésion que la partie supérieure du massif ne donne lieu à aucune poussée et que par conséquent la force sollicitant le mur a son point d'application notablement plus bas que dans le cas du terrain pulvérulent. Cette théorie explique le maintien surprenant du mur construit par Brunel près du tunnel de Mickleton.

Successivement, l'auteur passe en revue les cas de terre-pleins à faible et à forte inclinaison, avec des exemples numériques à l'appui pour étayer les règles énoncées.

Après avoir calculé la valeur de la butée d'une terre cohérente, M. Résal examine les conditions de résistance au glissement du mur sur sa base et il arrive à la conclusion que si, sur terrain non argileux, il suffit de prendre comme épaisseur moyenne pour une terre déterminée une fraction constante de la hauteur, pareille chose n'est plus vraie dans le cas où le terrain de fondation est argileux.

Il suggère ensuite différentes dispositions pratiques pour améliorer la stabilité des murs, soit en agrandissant le plan de base, soit en diminuant la valeur de la poussée soit en augmentant celle de la butée.

Enfin, pour faire encore mieux comprendre toute sa théorie, une application numérique complète fait l'objet d'un dernier paragraphe.

Des tables numériques et pratiques pour le calcul de la poussée des terres et une note sur la digue en terre du réservoir de Charmes et sur les expériences faites à la suite d'un glissement qu'elle a subi terminent cet intéressant ouvrage, digne en tous points de ceux auquels M. Résal a habitué le monde scientifique.

R. V. M.

XX

La campagne de 1813. Les préliminaires. Tome Ier, le commandement de Murat, par le Commandant F. Reboul, chef de bataillon d'infanterie, breveté d'État-Major, à la Section historique. Un vol. gr. in-8° de xx-470 pages, avec 6 cartes hors texte et 3 portraits. — Paris, R. Chapelot et Cie, 1910.

Publié sous la direction de la Section historique de l'État-Major de l'armée, en France, l'ouvrage du Commandant Reboul s'impose, à priori, à l'attention de tous ceux qui, soit par sympathie naturelle, soit par la nature des études qu'ils ont entreprises, s'intéressent au génie militaire de Napoléon (1).

Ce n'est pas une œuvre simplement philosophique et littéraire, c'est véritablement un travail d'ordre scientifique, car il a un but positif immédiat : la description minutieuse et impartiale d'une suite de cas concrets relatifs à certaines parties de l'art de la guerre. C'est le récit, au point de vue des armées françaises, de l'expérience d'une campagne des temps passés, offert aux méditations des praticiens modernes, dans le but de leur faciliter l'élaboration des règles qui fixeront, dans chaque pays, la doctrine de guerre.

Comme l'a très bien dit tout récemment le général comte Schlieffen, dans un discours prononcé à l'occasion du centenaire de l'Académie de guerre de Berlin, « un bréviaire s'offre à celui qui aspire au commandement des troupes : c'est l'histoire mili-

(1) *La Campagne de 1813* est en cours de publication dans la Revue d'Histoire que fait paraître la Section historique. C'est, en quelque sorte, un récit officiel.

taire. Celle-ci commence au duel de Caïn et d'Abel ; elle n'est pas près d'être close. La lecture n'en est pas toujours plaisante. Il faut se reconnaître au milieu d'une infinité de détails qui manquent parfois de saveur. Mais, au delà de ces obstacles, on aborde les réalités : il en est de réconfortantes ; on y trouve la base du savoir, qui permet de vérifier la genèse des faits, comment ils se sont produits, et pourquoi ils se reproduiront encore. C'est dans l'étude de l'histoire que nous puiserons l'expérience que le temps présent nous refuse. »

Telle est la compétence des lecteurs attitrés des publications de la Section, que l'historien, tout en se défendant de rechercher la leçon des faits, travail qu'il veut, dit-il, laisser à d'autres, joue un peu sa réputation militaire en mettant son nom au bas de l'œuvre. Il ne lui suffit pas d'avoir étudié la campagne aux meilleures sources, il faut encore qu'il possède une connaissance approfondie de son métier de soldat, pour se guider dans les recherches, distinguer le détail vraiment digne d'être mis en évidence, rejeter celui qui « manque de saveur » et réussir en un mot, à faire œuvre utile.

Dans le cas actuel, la tâche du commandant Reboul, pour l'étude de la campagne de 1813 à ses débuts, était très ingrate : elle lui imposait l'examen d'événements peu favorables aux armes françaises. Or, comme l'explique très bien l'auteur, « quand on a remporté des succès, les documents abondent ; l'historien n'a, dans leur dépouillement, que l'embarras du choix et l'obligation d'une certaine défiance devant tant de précision et de hauts faits. Quand les temps ont changé, qu'on bat en retraite pendant de longues semaines, que les armées entrent en décomposition, que les convois s'égrainent et tombent au pouvoir de l'ennemi ; quand le désordre règne à tous les rangs, que chacun est pris de panique, que le commandement n'a plus d'autre tâche que le salut de débris informes, le phénomène inverse se produit : plus de rapport d'ensemble ; des bouts de papiers épars, recueillis par miracle, des feuilles d'appel, des ordres donnés à la hâte, des contre-ordres qui les suivent aussitôt ; par moments, de grandes lacunes, correspondant aux nombreux ordres verbaux qui se sont multipliés sous la pression des circonstances.... »

Tels étaient les obstacles que le commandant Reboul avait à surmonter ; la lecture de son travail nous montre que cet officier s'est acquitté de sa tâche avec honneur.

Voici le résumé du volume que nous analysons, par la copie

des titres de la table des matières. Introduction. Le départ de l'Empereur vers Paris. Situation générale en décembre 1812. — Chap. I. De Smorgoni à Königsberg. — Chap. II. Les ressources immédiates : débris et renforts. — Chap. III. Le ralliement du 10e corps et la défection d'York. — Chap. IV. La retraite de Tilsit à Elbing. — Chap. V. Les opérations du prince de Schwarzenberg. — Chap. VI. La retraite sur Dantzig et Posen, et le départ de Murat.

Dira-t-on peut être que ce récit est la fin de la retraite de Russie, et qu'il aurait mieux trouvé sa place dans la relation de la campagne de 1812 ? Cela paraît logique à première vue, mais notre auteur donne d'excellentes raisons pour justifier sa manière de voir, qui est de fixer la limite entre cette campagne et la suivante, au moment où Napoléon remet le commandement de la Grande Armée à ses généraux, pour accourir à Paris.

A la vérité, il n'y a pas de limite dans cette période mémorable de 1812 à 1814, pendant laquelle l'Europe se ligue contre la France et oppose, au génie de l'Empereur, une série d'efforts prodigieux, à l'influence desquels le guerrier presqu'invincible, dont la Fortune s'est détournée, ne saura pas résister. La tragédie est compliquée : les événements se déroulent sur plusieurs théâtres à la fois, sur les champs et dans les cours des princes, au grand jour et dans l'ombre. Les scènes chevauchent et s'enchevêtrent. Il n'y a pas d'acte bien distinct ; il n'y a que des repères conventionnels.

Le 5 décembre 1812, date à laquelle l'Empereur quitta la Grande Armée, à Smorgoni, pour rentrer en France, marque en quelque sorte, officiellement, le jour où Napoléon mit le point final à sa participation personnelle à la campagne de Russie. Rassuré d'avoir encore constaté la fermeté de ses braves à la Bérézina, certain de trouver à Wilna des approvisionnements en quantité considérable, le grand vaincu, affecté sans avoir perdu courage, entrevoit la possibilité d'un arrêt dans cette ville ; au pis aller la transformation de la déroute et du désordre en une retraite plus méthodique.

La décision de quitter son armée fut-elle opportune et honorable ? C'est ce que l'auteur discute au cours de son étude ; en tout cas, elle fixe le moment où Napoléon manifesta, par un acte extérieur et public, son intention de reprendre les hostilités sur des bases nouvelles : la campagne de 1813 était virtuellement née.

Pour faire valoir justement le livre du commandant Reboul,

il conviendrait de mettre en évidence les réflexions que sa lecture peut suggérer. Ce serait la meilleure manière de montrer s'il réalise le but scientifique que l'on s'est proposé. Mais un semblable travail ferait dépasser exagérément les limites d'une analyse. Nous nous bornerons à signaler à l'attention du lecteur les quatre figures caractéristiques que l'auteur a eu la bonne fortune de pouvoir étudier, chacune sous un jour différent, dans une situation tragique, et sur lesquelles il nous présente maints détails inédits.

C'est d'abord le général d'York méditant longuement sa défection avant de la rendre effective. La « grandiose félonie » du commandant prussien qui a été exaltée par les uns, réprouvée par les autres, est-elle due à l'initiative de son auteur, ou bien fut-elle, avant exécution, approuvée par le roi de Prusse ? Quel qu'en ait été l'auteur responsable, elle fut sans doute précédée d'une lutte intime dans la conscience de celui-ci : l'intérêt de la Patrie pouvait-il primer le respect des serments que l'on avait faits et des devoirs que l'honneur militaire commande ?

C'est ensuite l'attitude équivoque, sans aller jusqu'à la trahison, du feld-maréchal autrichien prince de Schwarzenberg. Parfaitement renseigné, par ses émissaires, sur la situation de la Grande Armée, il feint d'ignorer celle-ci, parce que les nouvelles ne lui sont pas officiellement transmises. Il interprète mal, à dessein, les avis qu'on lui envoie ; pendant qu'il lance des ordres sévères pour qu'on s'oppose à tout acte amical envers les Russes, le commandant du corps autrichien laisse rédiger, par son État-Major, certaines prescriptions, savamment nuancées, à l'adresse de généraux trop ardents.

Dans toute cette partie de l'histoire, si triste pour la France, le général Ney, ce beau soldat, qui, « de toute l'énergie de son corps robuste et de son esprit lucide, soutint pendant tant de jours et tant de nuits la volonté vacillante de ceux qui l'entouraient », réconforte nos cœurs par sa belle conduite. Il faut lire le récit de sa résistance aux troupes russes à Kowno, lorsqu'une terreur panique s'est emparée du bataillon de Reuss et de Lippe, et lorsque, avec le général Gérard et quelques artilleurs, le duc d'Elchingen ramasse les armes chargées, jetées par les Allemands, pour faire lui-même le coup de feu ! C'est par l'opposition de cette belle conduite à celle de tant d'autres chefs, que l'on dégage bien cette conclusion de l'exposé des faits : si la force d'âme se révèle dans les pires désastres, elle ne le fait, malheureusement, que pour un bien petit nombre d'individus.

Le livre se termine par le récit de la crise qui aboutit à la trahison de Murat, roi de Naples, « cet admirable soldat, cavalier épique, entraîneur prodigieux d'escadrons, à qui, pour posséder son sang froid, il fallait le plein air de la mêlée, et le fracas de la charge, paladin affamé de gloire et d'honneurs, toujours prêt, au bruit du canon, à sacrifier sa vie, mais dont le regard et la conscience se laissaient obscurcir dans le travail réfléchi du quartier général et dans les combinaisons de la politique. »

Il faut louer l'auteur de la clarté avec laquelle il nous présente une partie si compliquée de l'histoire. Les cartes hors texte, dont plusieurs sont la reproduction de documents de l'époque, facilitent la compréhension du récit. A chaque page, de nombreux renvois portent l'attention du lecteur sur les citations invoquées ou sur les sources à consulter. En outre, une série de documents est annexée au volume. Pour la facilité, ils ont été groupés en quatre subdivisions ; ils sont relatifs : 1° à la retraite de la Grande Armée ; 2° à la retraite du 10e corps et à la défection du corps prussien ; 3° aux opérations du prince de Schwarzenberg ; 4° aux relations avec la Prusse. Ils complètent l'ouvrage d'une manière très instructive. Pour en donner une idée au lecteur, nous reproduisons le tableau des pertes de la Jeune Garde pendant la retraite de Russie (page 429). Il est suggestif.

Dans un tome suivant, qui traitera des opérations de la Grande Armée sous le commandement du prince Eugène, M. Reboul aura l'occasion de mieux faire valoir encore ses qualités d'historien et ses connaissances militaires. Les mouvements ne seront plus désordonnés, comme au mois de décembre 1812 ; les enseignements tactiques seront plus nombreux. L'Empereur, malgré ses préoccupations à Paris, trouvera le temps d'écrire, au successeur de Murat, des lettres dans lesquelles ses critiques des dispositions prises fournissent de précieuses indications pour les commandants de troupes de notre époque.

J. H.

Pertes de la Jeune Garde pendant la retraite de Russie

Garde Impériale (corps de M. le duc de Trévise). — Situation des troupes à l'époque du 19 décembre 1812

Numéros des divisions	Désignation des corps	Présents sous les armes au départ de Moscou		Pertes depuis le départ de Moscou								Total des pertes		Reste présents sous les armes		Observations
				Tués sur le champ de bataille		Blessés qui n'ont pu suivre, restés au pouvoir de l'ennemi		Morts de froid ou de misère		Restés en arrière gelés, malades ou éclopés quel'on suppose au pouvoir de l'ennemi et la plus grande partie morts						
		Officiers	Troupe	Officiers	Troupe	Officiers	Troupe	Officiers	Troupe	Officiers	Troupe	Officiers	Troupe	Officiers	Troupe	
1re division — Général de Laborde	4e rég. de voltigeurs	32	427	3	26	2	65	»	103	1	204	6	398	10	29	Le colonel observe qu'il a 16 officiers en avant
	5e rég. de voltigeurs	30	417	»	3	»	7	5	35	6	352	11	397	19	20	
	6e rég. de voltigeurs	31	310	1	»	1	10	1	80	15	212	18	302	12	8	
	4e rég. de tirailleurs	29	252	»	6	»	4	»	58	17	174	17	232	12	20	
	5e rég. de tirailleurs	27	470	»	5	»	12	»	1	10	428	10	446	17	24	
	6e rég. de tirailleurs	31	300	»	13	4	52	»	24	13	201	17	290	14	10	
	Artillerie	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Situation manque
	Troupes de Hesse-Darmstadt . . .	105	2,421	3	119	8	153	6	903	17	974	34	2,149	71	272	Les troupes hessoises ont rejoint partie à Ghiat, partie à Wiasma et partie à Smolensk.
2e division — Général Roguet	Rég. de flanqueurs	28	591	2	144	1	93	2	180	5	159	10	576	18	15	Compris les deux détachements rentrés à Smolensk, Wilna et Kowno
	1er rég. de voltigeurs	35	762	18	319	1	150	»	22	1	194	20	685	15	77	
	1er rég. de tirailleurs	32	625	5	67	3	21	3	125	2	387	13	600	19	25	
	Régimt de fusiliers-chasseurs . . .	38	1,119	1	9	1	52	2	45	2	812	6	919	32	200	
	Régimt de fusiliers-grenadiers . . .	32	1,352	2	41	»	104	3	450	2	669	7	1,264	25	88	
	Bat. de Neuchâtel .	25	458	1	35	»	57	6	139	5	220	12	451	13	7	
	Artillerie	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Situation manque
	TOTAUX . . .	475	9,504	36	787	21	780	28	2,165	96	4,986	181	8,709	278	795	

CERTIFIÉ conforme aux états particuliers fournis par les divisions.
Insterburg, le 20 décembre 1812.

L'adjudant-commandant, chef d'état-major,
Signé : MEINADIER.

XXI

Sous les Flots, par A. Acloque. Un vol. grand in-8° de 367 pages, nombreuses figures dans le texte. — Tours, A. Mame et Fils.

Cet ouvrage de solide et attrayante vulgarisation fait partie de l'excellente *Bibliothèque des Familles et des Maisons d'éducation ;* nous le recommandons volontiers aux jeunes lecteurs curieux d'*Histoire naturelle*. Ils y trouveront les *Mémoires* d'un très vieux crabe, grand coureur d'aventures, merveilleusement doué du sens de l'observation, très avide de s'instruire, empressé à recueillir tout ce qui mérite d'être retenu, bref un vrai savant doublé d'un conteur charmant. Il les initiera à la science de la vie qui s'épanouit *sous les flots*, étudiée à ses sources et soutenue par le récit de faits vécus, sans négliger de leur parler de l'Auteur de ces merveilles et de leur donner de sages leçons.

J. W.

REVUE

DES RECUEILS PÉRIODIQUES

HYGIÈNE

LE MÉDECIN A L'ÉCOLE

Le temps n'est pas bien loin où l'on ne se préoccupait que fort peu de l'état de santé des écoliers et des collégiens, de leur mentalité, de la salubrité des locaux scolaires, en un mot de tout ce qui regarde l'hygiène de l'enfant en âge d'école.

Depuis lors, bien des progrès ont été réalisés, mais que de chemin il reste à faire surtout au point de vue de l'hygiène et de la prophylaxie des maladies transmissibles ! On avance cependant et à grands pas, grâce à la poussée intense de vulgarisation médicale que nous voyons se produire de tous côtés et qui a fini par mettre l'hygiène à la mode.

Constatons en passant un des côtés plutôt étrange de cette vulgarisation médicale, qui distribue partout les diplômes de la croix rouge et les brevets d'infirmier, multiplie les conférences dans les écoles, les patronages, les cercles d'agrément, et dont le premier effet est certainement de nuire au médecin en lui créant une quantité de concurrents illégaux et d'autant plus entreprenants et plus sûrs d'eux-mêmes qu'ils sont plus ignorants. Le médecin le sait, il en souffre et il n'en continue pas moins à développer cette situation. C'est un non sens, au premier regard, mais il est tout à l'honneur du corps médical : sachant que vulgariser sa science lui fait du tort, le médecin n'hésite cependant pas à le faire parce qu'il croit voir là un moyen de diminuer les maux de l'humanité.

Bref, ces appels incessants partant du corps médical au

nom des découvertes modernes sur la nature microbienne et contagieuse de la plupart des maladies scolaires, la diffusion toujours croissante de l'enseignement, l'obligation d'envoyer tous les enfants à l'école, l'envahissement de tous les rangs de la société par les modes anglaises d'éducation et de sport, le sentiment de la responsabilité civile avivé par les lois sur les accidents du travail, ont fini par faire comprendre aux directions d'enseignement officielles et libres, qu'il ne suffisait pas d'instruire mais qu'il fallait aussi préserver les enfants de toute maladie et du corps et de l'esprit.

Nous ne nous occuperons pas ici des efforts tentés dans le but de transformer et d'améliorer les méthodes d'enseignement, c'est là l'œuvre des pédagogues ; seule la partie médicale de ces réformes retiendra notre attention.

Bien des préjugés et beaucoup d'obstacles très réels s'opposèrent au début à une intervention quelconque du médecin à l'école. D'abord *cela ne s'était jamais fait.* On avait vécu si longtemps sans lui que certains estimaient inutile, voire même dangereux, d'y appeler cet intrus qui allait se mêler de choses où l'instituteur devait rester maître absolu. Beaucoup de ceux qui étaient bien disposés étaient d'ailleurs retenus par l'exiguité de leur budget qui ne leur permettait pas la moindre dépense extraordinaire. Dans cette catégorie rentre la grande majorité des écoles libres, privées des gros subsides officiels et soutenues par la seule charité des fidèles.

D'autre part, des médecins eux-mêmes, s'intitulant médecins de famille, s'opposaient à ce qu'un confrère, taxé de concurrent, examinât des enfants qu'ils considéraient comme leur propriété exclusive. Des parents aussi, tout en approuvant certaines mesures pour les autres, trouvaient mauvais qu'on les leur appliquât, et qu'on les obligeât, par exemple, à garder chez eux tous leurs enfants, pour la maladie de l'un d'eux. Ce ne fut donc pas sans peine qu'on parvint à un résultat.

Petit à petit cependant, mises en branle par des Congrès, approuvées par la presse scientifique et quotidienne, des réformes importantes se sont accomplies un peu partout. Examinons d'abord ce qui, dans cet ordre d'idées, a été réalisé à l'étranger.

En *Angleterre* la loi de 1907 (1) *impose à toutes les écoles* le devoir d'assurer aux enfants l'inspection médicale et *permet* de

(1) Revue pedagogique 1908, IIe vol.

prendre des arrangements particuliers en vue de veiller à la santé des élèves. Le choix du médecin est libre, mais le gouvernement conseille de recourir au médecin d'état-civil. Le service d'hygiène scolaire anglais forme ainsi une partie intégrante et fondamentale du service d'hygiène publique. Les enfants sont examinés trois fois au cours de leurs classes ; l'âge indique le moment de cette inspection. Celle-ci porte sur les maladies antérieures, l'état général (hauteur, poids, nutrition, mensuration individuelle, propreté, vêtements, chaussures). On examine ensuite l'état des poumons, de la gorge, du nez, des oreilles, de l'ouïe, de la parole, de la voix, des dents et de la bouche.

Puis on passe à l'état pathologique, s'il existe : maladies actuelles, rachitisme, déformations, maladies de cœur, etc. Les résultats de ces examens sont consignés sur un registre spécial dont seul le médecin peut prendre connaissance. Autour de l'école sont groupés des établissements de propreté, de désinfection, de soupe scolaire.

En *France*, bien que, depuis 1879, il existât un arrêté ministériel de J. Ferry et que depuis 1886 la loi imposant l'obligation scolaire imposât également l'inspection médicale des écoles, les crédits nécessaires ne furent jamais votés et, seules, quelques grandes villes organisèrent ce service à leurs frais. Paris prit l'initiative du mouvement que suivirent Bordeaux, Lyon, Nancy, Nice.

A Paris, il existait, jusque dans ces derniers temps, une organisation datant du 15 décembre 1883, signée Poubelle, divisant la ville en 126 circonscriptions scolaires, visitées chacune par un médecin. Cette institution fonctionnait à peine depuis quelques années que déjà on en demandait régulièrement la réorganisation au Conseil municipal. Ce n'est qu'en 1909 que le Dr Guibert parvint à faire voter une organisation nouvelle, devant entrer en vigueur le 1er octobre 1910 (1). Nous trouvons là un système tout récent, très intéressant, bien étudié et qui pourrait presque servir de type.

Voici quels en sont les traits principaux :

1. Surveillance hygiénique des bâtiments et du mobilier. — 2. Prophylaxie des maladies transmissibles. — 3. Examen individuel des enfants à l'entrée à l'école. — 4. Établissement de la fiche sanitaire individuelle. — 5. Visites réglementaires, hebdomadaires dans les écoles publiques, mensuelles dans les écoles

(1) Le médecin praticien, 31 mai 1910.

privées. — 6. Réduction du nombre des enfants de chaque circonscription à 1000 au maximum. — 7. (Conséquence de l'art. précédent), augmentation du nombre de circonscriptions médicales qui sont portées de 126 à 210. — 8. Augmentation de l'indemnité des médecins inspecteurs qui touchent désormais 1.20 fr. par enfant, soit 1200 fr. par an (1). — 9. Institution du concours pour le recrutement des médecins-inspecteurs. — 10. Création d'une commission d'hygiène scolaire composée d'hygiénistes, de conseillers municipaux, d'instituteurs et de médecins-inspecteurs.

De plus, le ministre Doumergue a déposé en 1910 un projet de loi imposant à toutes les écoles un minimum de deux visites médicales par an, à des époques à déterminer administrativement (2).

Ce qu'il y a donc de spécial ici, c'est que les enfants sont divisés en séries de mille élèves, confiées chacune à un médecin. Ceux-ci sont nommés au concours ; ils doivent avoir au moins 32 ans d'âge et 5 ans de pratique et sont payés à raison de 1.20 fr. par enfant et par an.

Dans presque toutes les grandes villes d'*Allemagne*, l'institution du médecin scolaire existe depuis un certain temps déjà. On y rencontre aussi souvent des *Sunderklassen* (classes spéciales), des *Hilfklassen* (classes auxilliaires) et des *Nebenklassen* (classes annexes) (3), destinées aux différents degrés d'enfants arriérés ou anormaux (4).

C'est à Wiesbaden que se trouve le type le plus parfait d'organisation médicale dans les écoles (5). A la rentrée des classes, un questionnaire est envoyé aux parents des nouveaux venus. Ceux-ci doivent le rapporter dûment rempli par le médecin de leur famille. Le médecin scolaire n'examine que les élèves qui ne rapportent pas ce bulletin. A l'aide des renseignements recueillis par ces examens et par les données fournies par les parents, il décide quels sont les enfants qui doivent être mis

(1) Le Syndicat général des Médecins de la Seine trouve ce prix dérisoire et demande qu'il soit porté à 2.50 fr. par tête ou 2500 fr. par an. AVENIR MÉDICAL, janvier 1910.

(2) RÉPERTOIRE DE MÉDECINE ET DE CHIRURGIE, mai 1910.

(3) REVUE PÉDAGOGIQUE, II, 1901.

(4) Ces classes existent également dans quelques grandes villes de France : Paris, Bordeaux, etc.

(5) REVUE PÉDAGOGIQUE 1908, II. *Institution des médecins scolaires à Wiesbaden.*

dans les classes spéciales dont il a été question tantôt, et quels sont ceux qui doivent être spécialement observés par le médecin au cours de leur scolarité. Tous les quinze jours il fait une visite à l'école, et voit un certain nombre d'enfants, de façon que chaque élève soit examiné au moins trois fois au cours de ses classes. Il examine plus fréquemment ceux qu'il a notés au début et ceux que l'instituteur lui signale. Il tient un registre où sont conservées les fiches sanitaires des enfants. Il a tout pouvoir pour prendre les mesures prophylactiques commandées par telle maladie ou telle situation hygiénique qu'il constate. Il peut renvoyer chez eux les enfants malades pour aussi longtemps qu'il l'estime nécessaire. Tous les médecins scolaires de la ville sont réunis en collège sous la présidence de l'un d'eux auquel ils doivent faire un rapport annuel au sujet de leurs inspections.

Pour ces fonctions on prend de préférence des spécialistes, docteurs-hygiénistes. Ils sont payés à raison de 10 à 25 Marks par classe et par an.

A *New-York*, les directeurs d'écoles reçoivent chaque jour la statistique des cas de maladies contagieuses déclarées le jour précédent, avec l'indication des endroits où ils ont été signalés : Si l'instituteur a quelque crainte au sujet d'un enfant, il en avertit immédiatement le médecin-inspecteur.

En *Suède*, le médecin scolaire existe également depuis un certain temps (1).

Dans la capitale du *Mexique*, un service d'hygiène scolaire fonctionne depuis juillet 1908. Il comprend surtout les écoles primaires, quoique les établissements d'enseignement moyen soient aussi inspectés (2).

Cette inspection est pratiquée par dix médecins et deux adjoints sous la direction d'un médecin inspecteur. Ceux-ci relèvent directement du ministère de l'instruction publique.

Ici les maîtres et les architectes participent à cette inspection, au moins en ce qui concerne les bâtiments.

Deux fois par an, les médecins, accompagnés des architectes et des instituteurs, font une tournée d'inspection générale des locaux, mobiliers, éclairage, ventilation. Ils examinent également tout nouveau local, toute nouvelle école avant son ouverture.

Tous les quinze jours les médecins font une tournée dans les

(1) Revue pédagogique, 1908, l'*Institution des médecins scolaires à l'étranger*.

(2) Quinzaine thérapeutique, juillet 1910 ; Drs A. Pruneda et Mathé.

écoles pour examiner les enfants au point de vue des maladies contagieuses. En temps d'épidémie, les visites sont quasi quotidiennes.

Comme à New-York, le bureau d'hygiène de la ville renseigne les directeurs au sujet des maladies contagieuses déclarées. Les enfants qui ont été atteints d'une de ces maladies ne peuvent rentrer que munis d'un certificat du médecin-inspecteur. Il en est de même des frères et sœurs des enfants malades. Les instituteurs sont également soumis à ces règles. Ici l'examen initial des enfants par le médecin est pratiqué en présence des parents.

Si après avoir examiné ce qui a été réalisé à l'étranger, nous le comparons avec ce qui se fait dans nos grandes villes belges, nous n'avons nullement à rougir. Bruxelles surtout, au point de vue de l'organisation et Anvers au point de vue des locaux sont exemplaires et souvent cités avec éloges à l'étranger. Nous ne décrirons pas en détail leur système d'inspection qui se rapproche fort de celui de Paris ; notons cependant que chaque cas de maladie transmissible est, à Bruxelles, signalé à la commission d'hygiène et que l'élève ne peut rentrer à l'école qu'après désinfection de sa maison et de sa classe (1). A Bruxelles également les classes pour anormaux et arriérés fonctionnent très bien.

A Anvers, des inspecteurs sont chargés spécialement de l'inspection des dents des enfants ; le Dr Terwagne réclame la même chose pour l'ouïe.

Avant de nous prononcer en faveur de l'un ou l'autre système particulier, voyons quel est le but de l'inspection hygiénique des écoles et quel doit être le rôle du médecin inspecteur : connaissant mieux ce que nous devons obtenir, il nous sera plus aisé de conclure.

Pour le Dr Gourichon, inspecteur des écoles de Paris (2), l'inspection scolaire doit assurer la santé du corps aussi bien que celle de l'esprit, prévenir et enrayer les maladies contagieuses, assurer à l'enfant un développement normal, veiller à ce que ses facultés physiques soient en plein épanouissement et permettent à ses facultés intellectuelles de produire leur maximum de rendement. C'est la consécration du vieil adage : *Mens sana in corpore sano.*

P. Strauss élargit le but dans des proportions peut-être trop fortes pour être pratiques, car, en voulant trop obtenir, on

(1) Technique sanitaire, septembre 1908.
(2) Le médecin praticien, 31 mai 1910.

n'obtient rien et on mécontente souvent des personnes lésées dans leurs intérêts : « L'Université, écrit-il, n'a pas uniquement charge d'esprit et d'intelligence, elle assume des responsabilités plus étendues ; elle reçoit des familles et des collectivités un mandat élargi, celui de veiller au développement normal des enfants dont elle a la garde. Il faut par conséquent que l'inspection médicale des écoles devienne partout une réalité et il ne suffit pas que l'observation médicale préserve l'école de la contagion, il faut de plus que l'école ait à sa portée des moyens de combattre la maladie et de la guérir. Il convient donc de pourvoir l'école de tous ses organes. La cantine scolaire et la colonie de vacances, pour ne parler que de ces deux institutions, sont le complément nécessaire de l'inspection médicale des écoles (1). »

Au sixième Congrès national de médecine professionnelle en juillet 1910, le Dr Boulengier, président et rapporteur de la Fédération médicale belge, présentant un rapport sur « ce que doit réaliser la future loi sanitaire », résume ainsi sa pensée : « Le rôle du médecin scolaire est double : 1° préservation de la collectivité, 2° préservation et surveillance de l'écolier. »

Dans un autre rapport, présenté à la journée scolaire de Liége au début de cette année, le Dr Plumier insiste également sur « le but de garantir les familles et la société des épidémies qui pourraient avoir l'école pour foyer ».

Un autre but encore de cette inspection médicale, est de permettre aux enfants normaux d'avancer plus vite dans leurs études en les séparant des arriérés de tout genre qui doivent être mis dans des classes spéciales. Pour cela il faut surtout, d'après le Dr Jacques de Nancy, pousser à l'inspection de l'ouïe dont les imperfections seraient la plus grande cause d'arriération des enfants (2).

Nous croyons qu'il faut s'efforcer de préserver non seulement les corps, mais aussi les âmes des enfants. Ici le médecin peut beaucoup en écartant systématiquement de l'école ces enfants pervertis avant l'âge, dégénérés ou psychiques anormaux, tels que nous en avons parfois rencontrés, qui pervertissent tous ceux avec qui ils sont en relations et dont un seul peut perdre toute une classe. La place de ces malheureux enfants n'est pas à l'école, mais bien dans un institut spécial.

(1) Revue Bleue, 27 octobre 1906.
(2) Annales des maladies du larynx, janvier 1910.

Naturellement l'idée que chacun se fera du rôle du médecin à l'école variera un peu d'après le but qu'il se propose d'atteindre. Cependant, la grande majorité demande que l'inspection scolaire soit confiée à des médecins spécialisés en cette branche ou, tout au moins, se comportant comme tels.

En aucun cas le médecin-inspecteur ne pourrait traiter les enfants qui lui sont confiés. Il devrait se borner à l'inspection, à la confection des fiches, etc., et quand un enfant est malade l'adresser au médecin de famille. C'est là le seul moyen d'aboutir à des résultats pratiques : vouloir que le médecin scolaire devienne médecin traitant, laryngologiste, oculiste, orthopédiste, dentiste, c'est demander trop. C'est se mettre en opposition avec tout le corps médical.

Dans le rapport cité plus haut, le Dr Boulengier, parlant pour ainsi dire au nom de la Fédération médicale belge, est bien de cet avis : « Ici encore, dit-il, il faut faire appel aux médecins officiels, aux médecins agréés et attachés plus spécialement aux écoles, et aux médecins en général, au médecin traitant....

» L'organisation de l'hygiène scolaire devrait être ordonnée d'après un modèle-type. Telle que nous la comprenons, il est évident que le médecin praticien, le médecin traitant, le médecin de la famille aura encore, en cette occurrence, le rôle le plus étendu. »

Et puis où chercherait-on l'argent pour payer ces spécialistes ? Et que fera-t-on dans ce cas de la liberté des pères de famille de faire traiter leurs enfants par le médecin de leur choix, car c'est en arriver au médecin obligatoire ?

C'est d'ailleurs à peu près exactement ce que dit le Dr Gourichon, dont nous avons déjà donné l'avis. « .... Le médecin scolaire est un hygiéniste, non un thérapeute. Il surveille, il inspecte au point de vue individuel et collectif, il contrôle, mais en aucun cas, il ne peut et ne doit donner de soins. Son devoir est de renseigner officiellement la famille sur l'état de santé de l'écolier, mais là s'arrête son droit. C'est au père à choisir librement son médecin et à faire traiter son enfant comme il lui convient, sous sa propre responsabilité.

» L'école primaire est et doit rester l'école, et non pas devenir un dispensaire ou une polyclinique. C'est pour cette même raison que nous repoussons l'introduction de médecins spécialistes dans les écoles, leur rôle ne pouvant être plus étendu que celui du médecin scolaire qui doit se borner à l'hygiène et

à la préservation sociale, et doit avoir la compétence nécessaire pour faire seul l'examen de l'enfant.

» ... L'inspecteur médecin doit jouer le même rôle au point de vue hygiénique, physique, sanitaire, que l'inspecteur des études au point de vue intellectuel et pédagogique... Ainsi envisagée l'inspection médicale respecte les droits de chacun et ne peut porter ombrage à personne, qu'il s'agisse du corps médical, ou des pères de famille. »

D'autre part, au premier Congrès d'hygiène scolaire, le Dr Legendre s'exprimait ainsi : « Le médecin scolaire instruit et spécialisé m'apparaît comme le régulateur nécessaire de ce microcosme vivant qu'est l'école. »

Quant à la nécessité, et à l'utilité de l'institution de l'inspection hygiénique des écoles en elle-même, plus personne, croyons-nous, ne la conteste. On admet partout, selon Maurel, que « l'adulte sera ce que l'aura fait l'hygiène de son enfance et de son adolescence ».

Nous pourrions multiplier les témoignages autorisés, qui abondent dans le même sens. Bornons-nous à citer encore l'avis de P. Strauss : « L'institution du médecin scolaire, même réduite à ses termes les plus simples, restreinte dans son fonctionnement à la sauvegarde sanitaire des écoliers est, dans notre civilisation contemporaine, un instrument indispensable de protection et de sauvetage des enfants et des adolescents ; elle fait partie à son rang et à sa place de l'outillage nécessaire et perfectionné de puériculture (1). »

Après avoir étudié et comparé les diverses organisations, recueilli et discuté des avis différents, il nous semble que c'est le système de la ville de Paris qui est le meilleur, le mieux adapté à notre tempérament.

Voici quels sont à notre avis les points principaux du système qu'il conviendrait d'adopter en Belgique, et qui devrait être sanctionné par la future loi sur l'hygiène et l'exercice de la médecine.

Il faudrait avant tout des médecins scolaires (2), spécialisés, capables, rétribués, dont les fonctions et la juridiction, nettement déterminées, ne s'étendraient qu'à un nombre limité d'enfants. Ces médecins scolaires auraient à leur tête un médecin

(1) Revue Bleue, 19 janvier 1907.

(2) « En ce qui concerne l'inspection hygiénique des écoles, je considère comme indispensable la création de médecins-inspecteurs. » (Dr Calmette).

inspecteur en chef par province ou par diocèse, s'il s'agissait des écoles libres.

A la rentrée des classes, tous les enfants seraient examinés soit par le médecin de la famille, par l'intermédiaire du questionnaire, soit par le médecin scolaire; à l'aide de ces renseignements celui-ci établirait les fiches individuelles de santé qui devraient rester secrètes.

Après cet examen il désignerait au maître les enfants anormaux, arriérés ou qui ont seulement l'oreille un peu dure ou la vue faible, et qui, pour ce motif, devraient être l'objet de soins spéciaux.

Il examinerait également les professeurs, surtout au point de vue de la contamination des écoliers.

En présence d'un cas de maladie contagieuse, le médecin prendrait telle mesure qu'il jugerait utile au bien général; mais en aucun cas, sauf évidemment le cas d'urgence, il ne pourrait traiter les enfants soumis à son inspection.

Tous les huit ou quinze jours il ferait une tournée dans les écoles à l'effet d'inspecter les locaux, et de se renseigner sur l'état sanitaire des enfants et des maîtres. Au cours de ces visites, les élèves suspects lui seraient présentés.

Un enfant atteint d'une maladie contagieuse quelconque ne pourrait rentrer à l'école que muni d'un certificat de l'inspecteur. Celui-ci, pendant les vacances ou pendant l'année, donnerait aux maîtres des cours concernant l'hygiène scolaire, sous ses différents aspects, les manières de corriger les vices de la parole, et spécialement aux maîtresses, des notions sur l'hygiène du nourrisson et de la première enfance. Ainsi les maîtres à leur tour seraient capables d'en instruire leurs élèves.

Les médecins scolaires seraient représentés au Conseil supérieur de perfectionnement où ils auraient voix dans toutes les questions où l'hygiène de l'enfant est intéressée. Ils seraient membres également des comités scolaires s'occupant de l'érection de nouvelles écoles et de l'entretien des anciennes, avec la mission spéciale de veiller à l'hygiène des bâtiments. Ils devraient être avertis par le service de l'hygiène de tous les cas d'épidémie constatés dans leur ressort.

L'inspection des enfants devrait être combinée de telle sorte que chaque enfant soit examiné *au moins* une fois par an.

Les médecins scolaires de chaque province seraient réunis en collège sous la présidence de l'inspecteur provincial ou, si leur nombre était trop grand, groupés par arrondissement. Ils se

réuniraient régulièrement pour faire leur rapport et discuter les questions intéressant leur spécialité.

Suivant l'importance des moyens dont on disposerait, le médecin scolaire serait spécialiste complet, ou médecin praticien. Mais dans ce cas il lui serait, autant que possible, attribué un ressort différent de celui où s'exerce son activité professionnelle.

Les résultats obtenus par un tel système répondraient-ils à l'attente, compenseraient-ils les sacrifices nécessaires à cette organisation ?

Nous n'hésitons pas à répondre : *Oui*, et nous n'en voulons d'autre preuve que celle-ci : partout où cette institution existe, loin de vouloir la supprimer comme inutile, on la renforce, on la développe. D'ailleurs, tous les Congrès, toutes les associations libres ou officielles qui se sont occupés de cette question ont émis des vœux en ce sens : les Congrès d'hygiène scolaire de Nuremberg, 1904, de Londres, 1907 et de Paris, 1910 ; le Congrès catholique de Malines, 1909 ; le IIIe Congrès de physiathérapie de Paris, 1910 ; le VIe Congrès de médecine professionnelle à Bruxelles, 1910 ; la journée scolaire de Liége, 1911 ; tous ont été unanimes à demander l'institution ou l'amélioration de cette inspection sanitaire.

Nous sommes convaincu, avec le Dr Boulengier, que « le peuple qui aura l'hygiène scolaire la mieux organisée, sera fatalement récompensé par l'amélioration de la race, la perfection du capital vie, l'élévation du coefficient de rendement de la machine humaine ». Et nous ne pouvons mieux faire que de joindre nos humbles efforts à ceux qui ont déjà été faits dans ce sens, pour hâter la réalisation pratique de l'inspection médicale des écoles. Nous nous estimerions trop heureux si nous pouvions ainsi contribuer à préserver l'âme et le corps de quelques-uns de nos enfants.

Dr Jos. Boine.

BOTANIQUE ÉCONOMIQUE

—

La polyculture dans l'État de São Paulo (Brésil). — Tel est le titre d'un opuscule intéressant édité à Bruxelles par le Commissariat général du Gouvernement de São Paulo. Intéressant non seulement par les données spéciales qu'il a présentées sur les diverses plantes cultivables à São Paulo : riz, canne à sucre, coton, maïs et haricots, manioc et autres féculents, tabac, vigne, etc., mais surtout par le fait qu'il insiste sur les défauts de la monoculture.

On sait qu'à la suite des premiers, et grands succès, obtenus par la culture du caféier, qui trouva dans ces régions un sol et un climat particulièrement favorables, le territoire fut bientôt presque uniquement accaparé par le caféier.

La crise du café qui a sévi a été, pourrait-on dire, salutaire, et il serait à souhaiter qu'elle ouvre les yeux des autres gouvernements à colonies tropicales. Elle a montré aux planteurs de São Paulo le danger qu'il y a à diriger les efforts dans une seule direction.

Actuellement un très grand revirement s'est opéré et, le gouvernement aidant, on voit l'activité des planteurs, tout en conservant la place la plus importante au caféier, s'éparpiller sur d'autres cultures parmi lesquelles le riz et certains féculents paraissent de plus en plus attirer l'attention. Une des cartes annexées à la brochure nous montre l'extension prise déjà par la culture du riz et nous indique que de nombreuses variétés sont cultivées par les deux systèmes : à sec et par irrigation. Ce dernier procédé donne les meilleurs résultats.

Une des plus importantes rizières est celle du baron de Lessa ; déjà en 1909, 250 hectares étaient plantés en riz et avaient produit 12 000 sacs de riz ; on s'attendait en 1910 à une production de 20 000 sacs et la surface en culture augmente annuellement.

L'Afrique occidentale française. — Dans l'Annuaire du Gouvernement général de l'Afrique occidentale française (1),

(1) Annuaire du gouvernement général de l'Afrique occidentale française. Année 1910. Paris, E. Larose, 11, rue Victor Cousin, 1 vol. in-8°, 1146 pp., 10 cartes en couleurs hors texte.

pour 1910, paru récemment à Paris, nous trouvons certains renseignements intéressants, tant sur l'histoire politique que sur l'histoire économique de ces colonies, dont l'étude a pour notre Congo un intérêt particulier.

Nous ne voulons insister ici que sur une partie des données de cet ANNUAIRE, celle qui s'occupe du commerce, exportation et importation et des possibilités du développement économique.

La question économique est naturellement spécialement intéressante pour nous, car c'est à ce chapitre que l'on a toujours recours quand il s'agit de déterminer l'état de la Colonie. Déjà souvent nous avons fait remarquer ici la bonne voie du développement de la plupart des colonies qui forment par leur ensemble l'Afrique occidentale.

Ce sont : Sénégal, Guinée, Côte d'Ivoire, Dahomey, Haut-Sénégal, Niger, Mauritanie.

Les données de cet ANNUAIRE portent en général sur l'année 1908, mais de nombreux chiffres sont également donnés pour 1909.

Le commerce total, exportations et importations, se chiffre pour le Sénégal en 1908 à 112 543 749 fr., en 1909 à 127 335 000 fr.

Les produits principaux exportés sont : arachides, caoutchouc, gommes, or, palmistes, animaux, laines. Les arachides forment le principal produit d'exportation :

1908	32 889 312 fr.
1909	48 892 458 fr.

Cette dernière année l'exportation comportait 224 320 156 kilos.

Dans la Guinée le caoutchouc occupe la première place :

1908	10 876 604 fr.
1909	15 834 745 fr.

et 1 809 970 kilos.

Viennent ensuite par ordre d'importance : Animaux vivants, palmistes, peaux, copal, arachides.

Le palmier à huile existe en notable quantité, malheureusement les conditions du transport ne permettent pas une plus grande exportation. L'huile extraite par l'indigène, à l'aide de méthodes primitives est consommée par lui. Il y a là place pour une industrie qui acquerra de l'importance si les moyens de transport peuvent être obtenus dans des conditions favorables.

A la Côte d'Ivoire en 1909 le chiffre du commerce total a légèrement baissé par rapport à celui de 1908 :

1908	25 077 393
1909	22 980 894

mais l'année 1910 s'est ouverte sous les meilleurs auspices.

En 1909 les produits exportés sont, par ordre d'importance : Acajou, huile de palme, amandes de palme, caoutchouc, café, ivoire.

Nous savons par les nombreuses explorations de Chevalier, par ses belles publications, l'avenir réservé à cette colonie si on l'exploite dans des conditions rationnelles. Il n'est pas nécessaire de revenir ici sur les conditions de l'exploitation de la forêt, résumées dans l'Annuaire et nous avons d'ailleurs déjà souvent insisté sur elles. Rappelons un seul point de l'exploitation, le « cerclage » des troncs, que l'on n'a guère pratiqué jusqu'ici dans les colonies africaines ; c'est la vraie méthode d'exploitation forestière.

Pour le Dahomey le commerce général :

1908	22 916 908 fr.
1909	30 551 361 fr.

a donc nettement augmenté ; durant cette première année les produits d'exportation étaient, par ordre d'importance : Amandes et huile de palme, maïs (1 198 439 fr.), animaux vivants, coton, colas, arachides, peaux.

L'huile de palme pourra acquérir une importance plus grande encore, mais le développement pris par le commerce du maïs, est à noter spécialement.

En 1902 l'exportation de ce produit était nulle, en 1908 elle atteignait 14 000 tonnes.

Il y a là un fait à méditer !

Pour le Haut-Sénégal-Niger, les documents sont moins détaillés, le commerce est cependant important car dans son ensemble le commerce extérieur atteint le chiffre approximatif de 28 000 000 fr. Les principales productions sont : coton, caoutchouc, gomme, bois.

Pour la Mauritanie les renseignements sont également moins détaillés ; on estime que sur un commerce général en moyenne

de 20 000 000, les exportations figurent pour 8 000 000 fr. La colonie pourrait produire des bois, des palmistes et de l'huile de palme, l'élevage pourrait aussi être de grand avenir pour le développement économique de cette colonie relativement encore peu travaillée.

É. D. W.

NÉCROLOGIE

LE R. P. CHARLES DE SMEDT

Dans la nuit du 4 au 5 mars dernier, s'est éteint presque subitement, à Bruxelles, le R. P. Charles De Smedt, président de la société des Bollandistes, membre correspondant de l'Institut de France, membre effectif de l'Académie Royale de Belgique et de plusieurs autres académies et sociétés savantes. La Revue des Questions scientifiques perd en lui un collaborateur des tout premiers jours. Le P. De Smedt appartient à la pléiade d'esprits généreux qui, dès l'origine, se groupèrent autour du regretté P. Carbonnelle pour fonder la Société scientifique de Bruxelles. Sa signature parut, à un rang d'honneur, dans le numéro initial de la Revue, où ils annoncèrent leur programme. Son article, intitulé *L'Église et la science*, relève avec une modération cinglante quelques assertions d'un factum de l'Américain W. Draper, qui jouissait en ce moment d'une notoriété tapageuse.

Le P. De Smedt avait alors quarante-quatre ans; il venait à peine d'être attaché à l'œuvre des *Acta Sanctorum*, dont il devait prendre la direction, cinq ans plus tard, à la mort du P. Bossue. Né à Gand, le 6 avril 1833, entré dans la Compagnie de Jésus le 13 novembre 1851, après de fortes et brillantes études, il avait parcouru les diverses étapes de la formation religieuse et intellectuelle, qui étaient de tradition dans son Ordre, puis, au terme de cette préparation assez variée, il s'était définitivement tourné vers les études d'histoire. Un stage de

quelques années qu'il avait fait dans l'enseignement des mathématiques, lui avait laissé de bons souvenirs. Son intelligence droite et souple en avait conservé des habitudes de rigueur et de clarté, qu'il eut l'honneur d'acclimater en son domaine propre, où elles ne fleurissaient guère en ce temps-là.

Ses débuts d'historien remontent à l'année 1864. Cinq ans plus tard, il allait rejoindre à Paris son ami le P. Carbonnelle, qui était alors attaché à la rédaction des ÉTUDES RELIGIEUSES. C'est dans cette revue qu'il se signala par une série d'articles sur la critique historique, parus au cours des années 1869 et 1870. Ces articles qui furent, assez longtemps après, réunis en un volume, eurent un retentissement considérable. Ils contribuèrent puissamment à changer la méthode vicieuse qui sévissait alors dans certaines parties de l'histoire ecclésiastique, et, par une conséquence indirecte mais d'une réelle portée, ils favorisèrent le renouveau d'esprit scientifique, qui se manifesta dès lors dans tous les centres intellectuels du clergé et du monde catholique. La sève qui, tout à coup, se mit à remonter dans certains vieux arbres, doit quelque chose de sa vigueur rajeunie aux vérités si opportunément rappelées par le clairvoyant et courageux petit livre du P. De Smedt.

Revenu en Belgique au moment de la guerre franco-allemande, le P. De Smedt fit alors un court passage par l'œuvre des Bollandistes. Il n'y resta guère que le temps nécessaire pour reconnaître les conditions du travail et les perfectionnements qu'il était possible d'y introduire. En la quittant, il était sans doute bien loin de prévoir que l'avenir lui réservait la mission de la conduire à de nouvelles destinées. De 1871 à 1876, on le retrouve à Louvain, où il professe l'histoire ecclésiastique et la théologie. Il reste de son enseignement, outre un recueil de dissertations variées, une sorte d'introduction encyclopédique aux études d'histoire ecclésiastique. Son esprit, soucieux avant tout des questions de méthode, s'y révèle avec une originalité puissante et une érudition très en avance sur l'époque.

On pouvait croire le P. De Smedt fixé, pour le reste de sa carrière, dans l'enseignement qu'il avait commencé avec tant d'éclat, lorsque, vers les derniers mois de l'année 1876, il fut rappelé à Bruxelles, pour prendre dans le petit groupe des Bollandistes, la place laissée vacante par la mort prématurée du P. Victor De Buck. Il ne devait plus la quitter et bientôt la direction de l'œuvre passait entre ses mains.

La longue présidence du P. De Smedt (1882-1911) marquera une période mémorable dans l'histoire des *Acta Sanctorum*. De cette époque date l'origine de ce qu'il faudrait appeler le « néo-bollandisme », si ce terme bizarre méritait de rester en usage. Une ère de renouvellement, analogue à celles qui ont inauguré les grandes étapes des sciences exactes, commençait à poindre dans les études historiques. Partout, l'introduction d'une méthode plus positive allait remplacer, par des moyens plus précis de recherche et de contrôle, la dialectique éloquente des vieux érudits et déclasser la presque totalité de leur ancien outillage.

Le P. De Smedt sentait venir cette évolution, pour en avoir été lui-même un des précurseurs les plus méritants. Il sut, avec une hardiesse prudente, donner, au moment voulu, l'impulsion décisive à l'œuvre dont il avait la direction. Son plan, après qu'il a réussi, paraît avoir été bien simple; il le fut parce qu'il avait été tracé d'une main entièrement sûre, sans hésitations ni tâtonnements. Avec la lucidité ordinaire de son esprit, le P. De Smedt comprit qu'il fallait commencer par le commencement. Avant de se risquer à des synthèses brillantes, l'hagiographie devait vérifier ses instruments de travail, s'en créer de plus modernes, rajeunir et compléter ses procédés d'investigation, bref reviser sa technique de haut en bas. Long et aride programme, dans l'exécution duquel bien des forces vives furent d'abord dépensées sans résultat très apparent. Mais la valeur du résultat dernier était à ce prix, et l'événement a déjà rendu justice à la sagesse de cette intuition, où la probité intellectuelle se rencontrait avec la rectitude de l'esprit scientifique. Une autre initiative non moins heureuse fut de doter la nouvelle école hagiographique d'un organe spécial. Les Analecta Bollandiana, fondés en 1882, ont souvent eu l'honneur d'être associés à la Revue des Questions scientifiques dans les hommages rendus à l'activité intellectuelle des catholiques. Peut-être cependant sont-ils coupables d'avoir contribué à lui enlever la collaboration du P. De Smedt. L'importance de ses occupations et leur nature de plus en plus spéciale l'avaient emporté dans une direction trop divergente. Mais si les travaux différaient par leur objet, de part et d'autre l'esprit restait le même. On se réunissait par la pensée de faire œuvre loyale et solide, pour l'Église et pour la vérité.

Le P. De Smedt fut à plusieurs reprises un orateur très écouté

des Congrès des savants catholiques. Sa parole, qui n'avait pas toute la netteté de son esprit, fut toujours une leçon d'initiative, de probité et de courage, à laquelle son exemple et sa réputation ajoutaient une autorité imposante. Tel est aussi le plus durable mérite de sa carrière. Ses travaux destinés à vieillir, vieux déjà peut-être, garderont l'honneur d'avoir répandu et propagé le respect théorique et pratique de la sincérité, de la droiture et de cette application laborieuse, qui est aussi une des formes essentielles de l'honnêteté scientifique. C'est l'hommage qu'il convenait de rendre ici à sa mémoire.

TABLE DES MATIÈRES

DU

DIX-NEUVIÈME VOLUME (TROISIÈME SÉRIE)

TOME LXIX DE LA COLLECTION

—

Livraison de Janvier 1911

QUELQUES PAGES DE L'HISTOIRE DU FER AU XIXe SIÈCLE, par **M. Aimé Witz** 5

POUR FACILITER LA LECTURE DES TRAVAUX RÉCENTS DE PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE (suite) : II. *Enzymes et Catalyseurs.* — II. *Antigènes et anticorps*, par le **R. P. J. Maréchal, S. J.** 31

LES MONTS, LES BOIS ET LES EAUX, par **M. Ch. de Kirwan.** 108

LE FRÈRE ALEXIS-MARIE G., par le **R. P. J. Thirion, S. J.** 138

L'ART DE GUÉRIR CHEZ LES INDIGÈNES DU CONGO BELGE, par **MM. Ern. Viaene** et **F. Bernard.** 152

LE CONCEPT ACTUEL D'HYSTÉRIE, par le **R. P. L. Boule, S. J.** 185

LE PAYS D'ORIGINE DES INDO-EUROPÉENS, par **M. J. Mansion.** 217

VARIÉTÉS. — *La réorganisation de l'École de Guerre en Belgique*, par ***. 248

BIBLIOGRAPHIE. — I. Œuvres complètes de Christiaan Huygens, tomes XI et XII, **H. Bosmans, S. J.** . . . 255

II. C. F. Gauss. Recherches arithmétiques, traduites par A. C. M. Poullet-Delisle (nouvelle édition), **H. B.** 262

III. Éléments de calcul vectoriel, par C. Burali Forti et R. Marcolongo, traduits par S. Lattés, **Adhémar** 263

IV. Introduction à la théorie des fonctions d'une variable, par Jules Tannery, **Adhémar.** 264

V. Wahrscheinlichkeitsrechnung und ihre Anwendung auf Fehlerausgleichung, Statistik, und Lebensversicherung, von E. Czuber, **J. S.** . . . 265
VI. Description et usage de l'astrolabe à prisme, par A. Claude et L. Driencourt, **R. T.** 268
VII. Les théories modernes du Soleil, par G. Bosler, **J. T.** 270
VIII. Spectroscopie astronomique, par P. Salet, **J. T.** 274
IX. Observatoire de Zi-ka-Wei. Calendrier-Annuaire pour 1911, **J. T.** 275
X. Les actions à distance, par G. Combebiac, **M. O.** 277
XI. Traité de radioactivité, par Mme P. Curie, **V. S.** 280
XII. Leçons sur l'Électricité, par Éric Gérard, **L. R.** . 283
XIII. Les enroulements industriels des machines à courant continu et à courant alternatif, par E. Marec, **N. N.** 284
XIV. I. Lignes électriques aériennes, par Ph. Girardet. II. Lignes électriques souterraines, par Ph. Girardet et W. Dubi, **N. N.** 286
XV. Les substances isolantes et les méthodes d'isolement dans l'industrie électrique, par Jean Escart, **N. N.** 288
XVI. Dernière évolution du moteur à gaz, par A. Witz, **C. G.** 289
XVII. Machines frigorifiques, par H. Lorentz et C. Heinel, traduction française, par P. Petit et Ph. Jacquet, **N. S.** 291
XVIII. Toute la chimie minérale par l'électricité, par J. Séverin, **J. T.** 293
XIX. I. L'aviation, par P. Painlevé et E. Borel. — II. La Machine volante, par J. Raibaud, **M. O.** 293
XX. Die psychischen Fähigkeiten der Ameisen, von E. Wasmann, S. J., **J. Maréchal, S. J.** 297
XXI. Qui sommes-nous ? par l'abbé Th. Moreux, **C. de Kirwan.** 299

REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES.

GÉOLOGIE, par **M. F. Kaisin** 305
ENTOMOLOGIE, par le **R. P. L. Navas, S. J.** 316
BOTANIQUE ÉCONOMIQUE, par **É. D. W.** 327
ASTRONOMIE ET PHYSIQUE DU GLOBE, par **J. N.** 332
SCIENCES MÉDICALES, par **M. le Dr Boine.** 349

Livraison d'Avril 1911

L'Œuvre de M. Branly, par **la Rédaction**. 353
Les Indices des progrès économiques de la Belgique, de 1880 à 1908, par **M. Armand Julin** 369
Essai sur les coutumes familiales des Peuplades du Bas-Congo, par **M. J. Maes** 401
La Physique solaire depuis trois siècles, par **le R. P. J. Thirion, S. J.** 425
La signification stratégique des Fortifications de Flessingue, par **M. Jean Nélusey** 475
La connaissance sensible des qualités secondaires, par **le R. P. R. de Sinéty, S. J.** 517
La Société anatomo-clinique de Lille, par **M. le Dr Carlos Lepoutre** 574

Variétés. — I. *La technique de l'orientation en aéroplane*, par **M. le Bon G. de Béthune** 593
II. *A propos d'une histoire des mathématiques (suite)*, par **le R. P. B. Lefebvre, S. J.** 600
III. *Économie et histoire forestières*, par **M. C. de Kirwan**. 616

Bibliographie. — I. Leçons sur les séries de polynomes à une variable complexe, par P. Montel, **M. O.** . 629
II. Les fonctions polyédriques et modulaires, par G. Vivanti, traduction de A. Cahen, **M. O.** . . 631
III. Dr Gino Loria, Spezielle algebraische und transzendente ebene Kurven. Theorie und Geschichte, **H. Bosmans, S. J.** 633
IV. Géométrie descriptive, par R. Bricard, **Ph. du P.** 636
V. Précis de mécanique rationnelle, par P. Appell, **M. O.** 637
VI. Cours d'astronomie, par H. Andoyer, **E. Goedseels.** 639
VII. Researches on the Physics of the Earth, **M.** . . 641
VIII. L'origine dualiste des Mondes. Essai de cosmogonie tourbillonnaire, par E. Belot, **N. N.** . . 642
IX. Bibliothèque de l'Observatoire Royal de Belgique. Catalogue alphabétique des Livres, brochures et cartes, par A. Collard, **H. B.** 646

X. Der Däne Claudius Claussön Swart (Claudius Clavus), Der alteste Kartograph des Nordens, der erste Ptolemäus-Epigon der Renaissance, von A.A. Björnbo und C. S. Petersen, **H. Bosmans, S. J.** 647
XI. L'évolution des théories géologiques, par Stanislas Meunier, **C. de Kirwan**. 650
XII. La chimie moderne, par Sir W. Ramsay, traduction de H. de Miffonis, **R. N.** 653
XIII. Travaux du Laboratoire de matières médicales de l'École supérieure de Pharmacie de Paris, par MM. Ém. Perrot et A. Goris, **É. D. W.** 654
XIV. Hydrolyse de quelques polysaccharides par le Botrytis Cinerea, par H. Colin, **B.** 655
XV. Laboratoriums technik, par O. Bender, **J. Pieraerts**. 658
XVI. Exploitation des Mines. La Taille et les voies contigües à la taille, par L. Crussard, **P. C. M.** . . 659
XVII. Turbines à vapeur, par F. Cordier, **P. C. M.** . . 661
XVIII. Ponts suspendus, par F. Leinekugel-Le Cocq, **Ph. du P.** 663
XIX. Poussée des Terres, 2e partie. Théorie des terres cohérentes. Applications. Tables numériques, par Jean Résal, **R. V. M.** 669
XX. La campagne de 1813. Les préliminaires, t. Ier, le commandement de Murat, par le commandant F. Reboul, **J. H.** 672
XXI. Sous les Flots, par A. Acloque, **J. W.** 678

Revue des Recueils périodiques.

Hygiène. Le médecin a l'école, par le Dr **Jos. Boine**. 679
Botanique économique, par **É. D. W.** 690
Nécrologie, le R. P. Charles De Smedt 693

Impr. F. & R. Ceuterick, rue Vital Decoster, 60, Louvain.

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
Const. de Fid. Cath., c. IV.

TROISIÈME SÉRIE

TOME XIX — 20 JANVIER 1911

(TRENTE-CINQUIÈME ANNÉE ; TOME LXIX DE LA COLLECTION)

LOUVAIN
SECRÉTARIAT DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE
(M. J Thirion)
11, RUE DES RÉCOLLETS, 11

1911

LIVRAISON DE JANVIER 1911

I. — QUELQUES PAGES DE L'HISTOIRE DU FER AU XIXe SIÈCLE, par **M. Aimé Witz,** p. 5.

II. — POUR FACILITER LA LECTURE DES TRAVAUX RÉCENTS DE PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE *(suite)*, par le **R. P. J. Maréchal, S. J.**
II. Enzymes et Catalyseurs, p. 31.
III. Antigènes et Anticorps, p. 78.

III. — LES MONTS, LES BOIS ET LES EAUX, par **M. Ch. de Kirwan,** p. 108.

IV. — LE FRÈRE ALEXIS-MARIE G., par le **R. P. J. Thirion, S. J.,** p. 138.

V. — L'ART DE GUÉRIR CHEZ LES INDIGÈNES DU CONGO BELGE, par **MM. Ern. Viaene** et **F. Bernard,** p. 152.

VI. — LE CONCEPT ACTUEL D'HYSTÉRIE, par le **R. P. L. Boule, S. J.,** p. 185.

VII. — LE PAYS D'ORIGINE DES INDO-EUROPÉENS, par **M. Joseph Mansion,** p. 217.

VIII. — VARIÉTÉS. — *La réorganisation de l'École de guerre en Belgique*, ***, p. 248.

IX. — BIBLIOGRAPHIE. — I. Œuvres complètes de Christiaan Huygens, tomes XI et XII, **H. Bosmans, S. J.**, p. 255. — II. C. F. Gauss. Recherches arithmétiques, traduites par A. C. M. Poullet-Delisle (nouvelle édition), **H. B.**, p. 262. — III. Éléments de calcul vectoriel, par C. Burali Forti et R. Marcolongo, traduits par S. Lattés, **Adhémar**, p. 263. — IV. Introduction à la théorie des fonctions d'une variable, par Jules Tannery, **Adhémar**, p. 264. — V. Wahrscheinlichkeitsrechnung und ihre Anwendung auf Fehlerausgleichung, Statistik und Lebensversicherung, von E. Czuber, **J. S.**, p. 265. — VI. Description et usage de l'astrolabe à prisme, par A. Claude et L. Driencourt, **R. T.**, p. 268. — VII. Les théories modernes du Soleil, par G. Bosler, **J. T.**, p. 270. — VIII. Spectroscopie astronomique, par P. Salet, **J. T.**, p. 274. — IX. Observatoire de Zi-Ka-Wei. Calendrier-Annuaire pour 1911, **J. T.**, p. 275. — X. Les actions à distance, par G. Combebiac, **M. O.**, p. 277. — XI. Traité de radioactivité, par Mme P. Curie, **V. S.**, p. 280. — XII. Leçons sur l'Électricité, par Éric Gerard, **L. R.**, p. 288. — XIII. Les enroulements industriels des machines à courant continu et à courant alternatif, par E. Marec, **N. N.**, p. 284. — XIV. I. Lignes électriques aériennes, par Ph. Girardet ; — II. Lignes électriques souterraines, par Ph. Girardet et W. Dubi, **N. N.**, p. 286. — XV. Les substances isolantes et les méthodes d'isolement dans l'industrie électrique, par Jean Escart, **N. N.**, p. 288. — XVI. Dernière évolution du moteur à gaz, par A. Witz, **C. G.**, p. 289. — XVII. Machines frigorifiques, par H. Lorentz et C. Heinel, traduction française par P. Petit et Ph. Jacquet, **N. S.**, p. 291. — XVIII. Toute la chimie minérale par l'électricité, par J. Severin, **J. T.**, p. 293. — XIX. I. L'aviation, par P. Painlevé et E. Borel ; — II. La machine volante, par J. Raibaud, **M. O.**, p. 293. — XX. Die pschischen Fähigkeiten der Ameisen, von E. Wasmann, S. J., **J. Maréchal, S. J.**, p. 297. — XXI. Qui sommes-nous ? par l'abbé Th. Moreux, **C. de Kirwan**, p. 299.

X. — REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES. — Géologie, par **F. Kaisin**, p. 305. — Entomologie, par **L. Navás, S. J.**, p. 316. — Botanique économique, par **É. D. W.**, p. 327. — Astronomie et Physique du globe, par **J. N.**, p. 332. — Sciences médicales, par le Dr **Boine**, p. 349.

PUBLICATIONS DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE

ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES, t. I à t. XXXIV, 1875 à 1910. Chaque vol. in-8° de 400 à 600 pages fr. **20 00**

TABLE ANALYTIQUE des vingt-cinq premiers volumes des ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE (1875-1901). Un vol. in-8° de 250 pages (1904), en vente au prix de . . . . . fr. **3 00**

REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES. Première série, 1877 à 1891. Trente volumes. Seconde série, 1892 à 1901. Vingt volumes. Troisième série, commencée en 1902. Les deux volumes annuels, de 700 pages in-8° chacun . . . . . fr. **20 00**

TABLE ANALYTIQUE des cinquante premiers volumes de la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES (1877-1901). Un vol. in-8° de XII-168 pages, petit texte (1904), en vente au prix de 5 fr. ; pour les abonnés . . fr. **2 00**

Ph. Gilbert. Mémoire sur l'application de la méthode de Lagrange à divers problèmes de mouvement relatif. Deuxième édition (1889). Un vol. in-8° de 150 pages . . . . . fr. **7 50**

DISCUSSION SUR LE FŒTICIDE MÉDICAL. Brochure in-8° de 38 pages (1904) . . . . . fr. **1 00**

LA CRISE DU LIBRE-ÉCHANGE EN ANGLETERRE. Rapports de MM. G. Blondel, Ch. Dejace, A. Viallate, Emm. de Meester, P. de Laveleye, Éd. Van der Smissen. Brochure in-8° de 121 pages (1905). . fr. **2 00**

LES PORTS ET LEUR FONCTION ÉCONOMIQUE : T. I. Introduction, Éd. Van der Smissen. I. La Fonction économique des Ports dans l'Antiquité grecque, H. Francotte. II. Bruges au Moyen âge, G. Eeckhout. III. Barry, H. Laporte. IV. Beira, Ch. Morisseaux. V. Liverpool, P. de Rousiers. VI. Anvers, E. Dubois et M. Theunissen. VII. Les Ports et la vie économique en France et en Allemagne, G. Blondel. Un vol. in-8° de 183 pages, figures et plans. (Épuisé.) **T. II.** VIII. Londres, G. Eeckhout. IX. Délos, A. Roersch. X. Rotterdam, J. Charles. XI. Gênes au Moyen âge, J. Hanquet. XII. Marseille, G. Blondel. Un vol. in-8° de 123 pages, figures et plans. Prix : 3 francs. **T. III.** XIII. Le Port moderne de Gênes, M. Theunissen. XIV. Ostende. L.-Th. Léger. XV. Jaffa, P. Gendebien. XVI. Lisbonne, Ch. Morisseaux. XVII. Le Havre, G. Blondel. XVIII. Hambourg, P. de Rousiers et J. Charles. XIX. Rio-de-Janeiro, F. Georlette. XX. Han-Kow. A. Vanderstichele. Prix : 3 francs. **T. IV.** XXI. Barcelone et Bilbao, J. Charles. XXII. Buenos-Aires, M. Theunissen. XXIII. Brême, J. Charles. XXIV. New-York, Paul Hagemans. XXV. Le Port de Pouzzoles dans l'Antiquité, d'après un livre récent, Alphonse Roersch. XXVI. Shanghaï, A. A. Fauvel. XXVII. Zeebrugge, J. Nyssens-Hart. Un vol. in-8° de 184 pages, figures et plans. Prix : 3 francs. **T. V.** XXVIII. Rouen, G. Blondel. XXIX. Montréal, M. Dewavrin. XXX. Seattle et Tacoma, M. Rondet-Saint. XXXI. Trieste, Fiume, Venise. M. Dewavrin. XXXII. Venise au moyen âge, C. Terlinden. XXXIII. Les ports du Nord-Est de l'Angleterre, J. Meuwissen. — Conclusions, G. Blondel. — Appendices : L'administration des Ports, J. Charles, S. J. ; L'industrie des transports maritimes, H. Mansion. Prix : 3 francs.

SUR QUELQUES POINTS DE MORALE SEXUELLE DANS SES RAPPORTS AVEC LA MÉDECINE. Rapport de M. le Dr X. Francotte. Brochure in-8° de 48 pages (1907) . . . . . fr. **0 75**

DE LA DÉPOPULATION PAR L'INFÉCONDITÉ VOULUE. Rapport de M. le Dr Henri Desplats, et discussion. Brochure in-8° de 29 pages (1908) fr. **0 75**

REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE PAR

LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

TROISIÈME SÉRIE

Cette revue de haute vulgarisation, fondée en 1877 par la Société scientifique de Bruxelles, se compose actuellement de deux séries : la **première série** comprend 30 volumes (1877-1891) ; la **deuxième**, 20 volumes (1892-1901). La livraison de janvier 1902 a inauguré la **troisième série**.

La revue paraît en livraisons trimestrielles de 352 pages, à la fin de janvier, d'avril, de juillet et d'octobre. Chaque livraison renferme trois parties principales.

La **première partie** se compose d'**Articles originaux**, où sont traités les sujets les plus variés se rapportant à l'ensemble des sciences mathématiques, physiques, naturelles, sociales, etc.

La **deuxième partie** consiste en une **Bibliographie scientifique**, où l'on trouve un compte rendu détaillé et l'analyse critique des principaux ouvrages scientifiques récemment parus.

La **troisième partie** consiste en une **Revue des Revues et des Publications périodiques**, où des écrivains spéciaux résument ce qui paraît de plus intéressant dans les archives scientifiques et littéraires de notre temps.

Chaque livraison contient ordinairement aussi un ou plusieurs articles de **Variétés**.

CONDITIONS D'ABONNEMENT

Le prix d'abonnement à la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES est de **20 francs** par an. Les membres de la Société scientifique de Bruxelles ont droit à une réduction de **25** %; le prix de leur abonnement est donc de **15 francs** par an.

Table analytique des cinquante premiers volumes de la REVUE. Un vol. du format de la REVUE de XII-168 pages. Prix : 5 francs ; pour les abonnés, 2 francs.

Des volumes isolés seront fournis aux nouveaux abonnés à des conditions très avantageuses.

S'adresser pour tout ce qui concerne la **Rédaction** *et l'***Administration** *au secrétariat de la Société scientifique, 11, rue des Récollets, Louvain.*

Une Notice sur la Société scientifique, son but, ses travaux, est envoyée gratuitement à ceux qui en font la demande au secrétariat.

Louvain. — Imp. F. & R. Ceuterick, rue Vital Decoster, 60.

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
Const. de Fid. Cath., c. IV.

TROISIÈME SÉRIE

TOME XIX — 20 AVRIL 1911

(TRENTE-CINQUIÈME ANNÉE ; TOME LXIX DE LA COLLECTION)

LOUVAIN
SECRÉTARIAT DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE
(M. J Thirion)
11, RUE DES RÉCOLLETS, 11

1911

LIVRAISON D'AVRIL 1911

I. — L'ŒUVRE DE M. BRANLY, par **la Rédaction,** p. 353.

II. — LES INDICES DES PROGRÈS ÉCONOMIQUES DE LA BELGIQUE, DE 1880 à 1908, par **M. Armand Julin,** p. 369.

III. — ESSAI SUR LES COUTUMES FAMILIALES DES PEUPLADES DU BAS-CONGO, par **M. J. Maes,** p. 402.

IV. — LA PHYSIQUE SOLAIRE DEPUIS TROIS SIÈCLES, par le **R. P. J. Thirion, S. J.,** p. 425.

V. — LA SIGNIFICATION STRATÉGIQUE DES FORTIFICATIONS DE FLESSINGUE, par **M. Jean Nélusey,** p. 475.

VI. — LA CONNAISSANCE SENSIBLE DES QUALITÉS SECONDAIRES, par le **R. P. R. de Sinéty, S. J.,** p. 517.

VII. — LA SOCIÉTÉ ANATOMO-CLINIQUE DE LILLE, par **M. le Dr Carlos Lepoutre,** p. 574.

VIII. — VARIÉTÉS. — I. *Le technique de l'orientation en aéroplane,* par **M. le Bon G. de Béthune,** p. 593. — II. *A propos d'une histoire des mathématiques* (suite), par le **R. P. B. Lefebvre, S. J.,** p. 600. — III. *Économie et histoire forestières.* par **M. C. de Kirwan,** p. 616.

IX. — BIBLIOGRAPHIE. — I. Leçons sur les séries de polynomes à une variable complexe, par P. Montel, **M. O.,** 629. — II. Les fonctions polyédriques et modulaires, par G. Vivanti, traduction de A. Cahen, **M. O.,** p. 631. — III. Dr Gino Loria, Spezielle algebraische und tranzendente ebene Kurven. Theorie und geschichte, **H Bosmans, S. J.,** p. 633. — IV. Géométrie descriptive, par R. Bricard, **Ph. du P.,** p. 636. — V. Précis de mécanique rationnelle, par P. Appell, **M. O.,** p. 637. — VI. Cours d'astronomie, par H. Andoyer, **E. Goedseels,** p. 639. — VII. Researches on the Physics of the Earth, **M.,** p. 641. — VIII. L'origine dualiste des Mondes. Essai de cosmogonie tourbillonnaire, par E. Belot, **N. N.,** p. 642. — IX. Bibliothèque de l'Observatoire Royal de Belgique. catalogue alphabétique des livres, brochures et cartes, par A. Collard, **H. B.,** p. 646. — X. Der Däne Claudius Claussön Swart (Claudius Clavus), Der alteste Kartograph des Nordens, der erste Ptolemäus-Epignon der Renaissance, von A. A. Björnbo und C. S. Petersen, **H Bosmans, S. J.,** p. 647. — XI. L'évolution des théories géologiques, par Stanislas Meunier, **C. de Kirwan,** p. 650. — XII. La chimie moderne, par Sir W. Ramsay, traduction de H. de Miffonis, **R. N.,** p. 653. — XIII. Travaux du Laboratoire de matières médicales de l'Ecole supérieure de Pharmacie de Paris, par MM. Ém. Perrot et A. Goris, **E. D. W.,** p. 654. — XIV. Hydrolyse de quelques polysaccharides par le Botrytis Cinerea, par H. Colin, **B.,** p. 655. — XV. Laboratoriums technik, par O. Bender, **J. Pieraerts,** p. 658. — XVI. Exploitation des Mines. La Taille et les voies contigües à la taille, par L. Crussard, **P. C. M.,** p. 659. — XVII. Turbines à vapeur, par F. Cordier, **P. C. M.,** p. 661. — XVIII. Ponts suspendus, par F. Leinekugel-Le Cocq, **Ph. du P.,** p. 665. — XIX. Poussée des Terres, 2e partie. Théorie des terres cohérentes. Applications. Tables numériques, par Jean Résal, **R. V. M.** p. 669. — XX. La campagne de 1813. Les préliminaires, t. 1er, le commandement de Murat, par le commandant F. Reboul, **J. H.,** p. 672. — XXI. Sous les Flots, par A. Acloque, **J. W.,** p. 678.

X. — REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES. — Hygiène, par le Dr **Boine,** p. 679. — Botanique économique, par **É. D. W.,** p. 690.

XI. — NÉCROLOGIE.— Le R. P. De Smedt, p. 693.

PUBLICATIONS DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE

ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES, t. I à t. XXXIV, 1875 à 1910. Chaque vol. in-8° de 400 à 600 pages fr. **20 00**

TABLE ANALYTIQUE des vingt-cinq premiers volumes des ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE (1875-1901). Un vol. in-8° de 250 pages (1904), en vente au prix de . . . . . fr. **3 00**

REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES. Première série, 1877 à 1891. Trente volumes. Seconde série, 1892 à 1901. Vingt volumes. Troisième série, commencée en 1902. Les deux volumes annuels, de 700 pages in-8° chacun . . . . . fr. **20 00**

TABLE ANALYTIQUE des cinquante premiers volumes de la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES (1877-1901). Un vol. in-8° de XII-168 pages, petit texte (1904), en vente au prix de 5 fr. ; pour les abonnés . . fr. **2 00**

Ph. Gilbert. Mémoire sur l'application de la méthode de Lagrange à divers problèmes de mouvement relatif. Deuxième édition (1889). Un vol. in-8° de 150 pages . . . . . fr. **7 50**

DISCUSSION SUR LE FŒTICIDE MÉDICAL. Brochure in-8° de 38 pages (1904) . . . . . fr. **1 00**

LA CRISE DU LIBRE-ÉCHANGE EN ANGLETERRE. Rapports de MM. G. Blondel, Ch. Dejace, A. Viallate, Emm. de Meester, P. de Laveleye, Éd. Van der Smissen. Brochure in-8° de 121 pages (1905). . fr. **2 00**

LES PORTS ET LEUR FONCTION ÉCONOMIQUE : **T. I.** Introduction, Éd. Van der Smissen. I. La Fonction économique des Ports dans l'Antiquité grecque, H. Francotte. II. Bruges au Moyen âge, G. Eeckhout. III. Barry, H. Laporte. IV. Beira, Ch. Morisseaux. V. Liverpool, P. de Rousiers. VI. Anvers, E. Dubois et M. Theunissen. VII. Les Ports et la vie économique en France et en Allemagne, G. Blondel. Un vol. in-8° de 183 pages, figures et plans. (Épuisé.) **T. II.** VIII. Londres, G. Eeckhout. IX. Délos, A. Roersch. X. Rotterdam, J. Charles. XI. Gênes au Moyen âge, J. Hanquet. XII. Marseille, G. Blondel. Un vol. in-8° de 123 pages, figures et plans. Prix : 3 francs. **T. III.** XIII. Le Port moderne de Gênes, M. Theunissen. XIV. Ostende. L.-Th. Léger. XV. Jaffa, P. Gendebien. XVI. Lisbonne, Ch. Morisseaux. XVII. Le Havre, G. Blondel. XVIII. Hambourg, P. de Rousiers et J. Charles. XIX. Rio-de-Janeiro, F. Georlette. XX. Han-Kow. A. Vanderstichele. Prix : 3 francs. **T. IV.** XXI. Barcelone et Bilbao, J. Charles. XXII. Buenos-Aires, M. Theunissen. XXIII. Brême, J. Charles. XXIV. New-York, Paul Hagemans. XXV. Le Port de Pouzzoles dans l'Antiquité, d'après un livre récent, Alphonse Roersch. XXVI. Shanghaï, A. A. Fauvel. XXVII. Zeebrugge, J. Nyssens-Hart. Un vol. in-8° de 184 pages, figures et plans. Prix : 3 francs. **T. V.** XXVIII. Rouen, G. Blondel. XXIX. Montréal, M. Dewavrin. XXX. Seattle et Tacoma, M. Rondet-Saint. XXXI. Trieste, Fiume, Venise, M. Dewavrin. XXXII. Venise au moyen âge, C. Terlinden. XXXIII. Les ports du Nord-Est de l'Angleterre, J. Meuwissen. — Conclusions, G. Blondel. — Appendices : L'administration des Ports, J. Charles, S. J. ; L'industrie des transports maritimes, H. Mansion. Prix : 3 francs.

SUR QUELQUES POINTS DE MORALE SEXUELLE DANS SES RAPPORTS AVEC LA MÉDECINE. Rapport de M. le Dr X. Francotte. Brochure in-8° de 48 pages (1907) . . . . . fr. **0 75**

DE LA DÉPOPULATION PAR L'INFÉCONDITÉ VOULUE. Rapport de M. le Dr Henri Desplats, et discussion. Brochure in-8° de 29 pages (1908) fr. **0 75**

REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE PAR

LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

TROISIÈME SÉRIE

Cette revue de haute vulgarisation, fondée en 1877 par la Société scientifique de Bruxelles, se compose actuellement de deux séries : la **première série** comprend 30 volumes (1877-1891) ; la **deuxième**, 20 volumes (1892-1901). La livraison de janvier 1902 a inauguré la **troisième série**.

La revue paraît en livraisons trimestrielles de 352 pages, à la fin de janvier, d'avril, de juillet et d'octobre. Chaque livraison renferme trois parties principales.

La **première partie** se compose d'**Articles originaux**, où sont traités les sujets les plus variés se rapportant à l'ensemble des sciences mathématiques, physiques, naturelles, sociales, etc.

La **deuxième partie** consiste en une **Bibliographie scientifique**, où l'on trouve un compte rendu détaillé et l'analyse critique des principaux ouvrages scientifiques récemment parus.

La **troisième partie** consiste en une **Revue des Revues et des Publications périodiques**, où des écrivains spéciaux résument ce qui paraît de plus intéressant dans les archives scientifiques et littéraires de notre temps.

Chaque livraison contient ordinairement aussi un ou plusieurs articles de **Variétés**.

CONDITIONS D'ABONNEMENT

Le prix d'abonnement à la Revue des Questions scientifiques est de **20 francs** par an. Les membres de la Société scientifique de Bruxelles ont droit à une réduction de **25** %; le prix de leur abonnement est donc de **15 francs** par an.

Table analytique des cinquante premiers volumes de la Revue. Un vol. du format de la Revue de XII-168 pages. Prix : 5 francs ; pour les abonnés, 2 francs.

Des volumes isolés seront fournis aux nouveaux abonnés à des conditions très avantageuses.

S'adresser pour tout ce qui concerne la **Rédaction** *et l'***Administration** *au secrétariat de la Société scientifique, 11, rue des Récollets, Louvain.*

Une Notice sur la Société scientifique, son but, ses travaux, est envoyée gratuitement à ceux qui en font la demande au secrétariat.

Louvain. — Imp. F. & R. Ceuterick, rue Vital Decoster, 60.

uxelles
88520

AMNH LIBRARY
100226269